

Investigation of Phenolic Compounds and Antioxidants in Fruits

Pages
33-69

M. Heidari ^{*1} and A. Hashempour ²

1) Associate Professor of Horticulture, Department of Horticultural Sciences, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan, Mollasani, Iran.

2) Research Assistant Professor, Citrus and Subtropical Fruits Research Center, Iranian Horticultural Sciences Research Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Ramsar, Iran.

*Corresponding author: mkheidari@asnrukh.ac.ir

Received date: 2023.11.15

Accepted date: 2024.01.20

Abstract

Antioxidants are diverse groups of biological compounds, including phenolic compounds, flavonoids, alkaloids, and terpenoids, which act as free radical scavenging in the human body. Nowadays, the generation of free radicals, particularly reactive oxygen species (ROS), has increased in the body due to exposure to environmental pollution and modern lifestyle factors, such as physical inactivity, obesity, and smoking resulting in oxidative stress. Fruits are natural sources of antioxidants and constitute principal dietary components as fresh or dried fruits and as food additives of preservatives. Therefore, identifying the type and amount of antioxidant compounds in different fruits and the factors affecting them is crucial for achieving a diet rich in antioxidants. The quality and quantity of antioxidant compounds in plants are influenced by various factors such as climate conditions, species and cultivars, fruit developmental stage, processing methods, and storage conditions. In horticulture, fruits are categorized based on climatic origin into three groups: temperate fruits (rich in anthocyanins and phenolic acids) such as apples, grapes, and berries, subtropical fruits (rich in phenolic acids and flavonoids) such as pomegranate and olives, and tropical fruits (rich in carotenoids and flavonoids) such as mangoes and bananas. Additionally, there is a significant variation in the quantity and quality of antioxidant compounds within different cultivars and genotypes of a single fruit species, which can be the basis for selecting parents by breeders to achieve antioxidant-rich cultivars. The amount of phenolic compounds in fruits is related to the degree of fruit maturity or ripening, and usually, with increasing age, the amount of phenolic compounds increases. From a processing perspective, the use of wine and olive industry waste products has been recently considered as a potential source of dietary or food preserving antioxidants. In this review, various antioxidant compounds in different fruits have been considered, and the factors affecting their quality and quantity are discussed.

Keywords: Antioxidants, Flavonoids, Food Dietary, Phenolic compounds and Oxidative Stress.

بررسی ترکیبات فنلی و آنتی‌اکسیدانی‌ها در میوه‌ها

مختار حیدری^{۱*} و ابوذر هاشم‌پور^۲

- (۱) دانشیار گروه علوم و مهندسی باغبانی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، ملاتانی، ایران.
(۲) استادیار پژوهش، پژوهشکده مرکبات و میوه‌های نیمه گرمسیری، موسسه تحقیقات علوم باغبانی کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، رامسر، ایران.

* نویسنده مسئول: mkheidari@asnruk.ac.ir

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۱۰/۳۰

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۸/۲۴

چکیده

آنتی‌اکسیدان‌ها گروه متنوعی از ترکیبات زیستی شامل ترکیبات فنولی، فلاونوئیدها، آلکالوئیدها و ترپنوئیدها هستند که به‌عنوان پاک‌کننده رادیکال‌های آزاد در بدن انسان فعالیت می‌کنند. امروزه به دلایلی از جمله قرارگیری در معرض آلودگی‌های محیطی و عوامل سبک زندگی جدید مانند کم‌تحرکی، چاقی و مصرف دخانیات، تولید رادیکال‌های آزاد و به‌خصوص گونه‌های فعال اکسیژن (ROS) در بدن افزایش یافته است که منجر به ایجاد تنش‌های اکسیداتیو می‌شود. میوه‌ها یکی از منابع طبیعی آنتی‌اکسیدان‌ها هستند که بخش مهمی از رژیم تغذیه‌ای انسان را به‌صورت تازه خوری یا میوه‌های خشک و همچنین به‌عنوان چاشنی یا نگهدارنده غذا تشکیل می‌دهند. بنابراین شناسایی نوع و مقدار ترکیبات آنتی‌اکسیدانی در میوه‌ها و همچنین عوامل مؤثر بر آن‌ها به‌منظور دست‌یابی به یک رژیم غذایی غنی از آنتی‌اکسیدان ضروری است. کمیت و کیفیت ترکیبات آنتی‌اکسیدانی در گیاهان به عوامل مختلفی از جمله شرایط اقلیمی، گونه و رقم میوه، مرحله رشد و نموی میوه، روش‌های فرآوری و همچنین شرایط نگهداری و انبارداری آن بستگی دارد. در علم باغبانی میوه‌ها بر اساس منشأ اقلیمی به سه دسته میوه‌های معتدله (غنی از آنتوسیانین‌ها و اسیدهای فنولی) مانند سیب، انگور و سته‌ها، میوه‌های نیمه گرمسیری (غنی از اسیدهای فنولی و فلاونوئیدها) مانند انار و زیتون و میوه‌های گرمسیری (غنی از کاروتنوئیدها و فلاونوئیدها) مانند انبه و موز تقسیم‌بندی می‌شوند. همچنین تنوع قابل‌توجهی در کمیت و کیفیت ترکیبات آنتی‌اکسیدانی یک‌گونه از میوه‌ها بین ارقام و ژنوتیپ‌های مختلف آن وجود دارد که می‌تواند اساسی برای انتخاب والدین توسط اصلاح‌گران به‌منظور دست‌یابی به ارقام غنی از آنتی‌اکسیدان باشد. میزان ترکیبات فنولی میوه‌ها با درجه بلوغ میوه و یا رسیدن ارتباط دارد و معمولاً با افزایش سن میوه، میزان ترکیبات فنولی افزایش می‌یابد. از نظر روش فرآوری نیز استفاده از ضایعات صنعتی انگور و زیتون به‌عنوان منبعی بالقوه برای آنتی‌اکسیدان‌ها در رژیم غذایی یا نگهدارنده مواد غذایی بررسی شده است. در این مقاله مروری، ترکیبات مختلف آنتی‌اکسیدانی در میوه‌های مختلف بررسی شده و عوامل مؤثر بر کیفیت و کمیت آن‌ها مورد بحث قرار گرفته است.

واژه‌های کلیدی: آنتی‌اکسیدان‌ها، ترکیبات فنولی، تنش اکسیداتیو، رژیم غذایی و فلاونوئیدها.

مقدمه

در سال‌های اخیر سلامت انسان جایگاه مهمی پیدا کرده است. افزایش علاقه به تغذیه، تناسب اندام و زیبایی، توجه‌های زیادی را در مورد رژیم غذایی و سلامت انسان ایجاد کرده است. با توجه به اینکه اهمیت استفاده از انواع میوه‌ها و سبزی‌ها در رژیم غذایی به‌منظور حفظ سلامت عمومی و جلوگیری از بیماری‌های مزمن، توسط جامعه علمی و عموم مردم موردقبول واقع شده است، یک الگوی جدید رژیم غذایی-سلامتی در حال تکامل است که بر جنبه‌های مثبت رژیم غذایی تاکید بیشتری دارد. در حال حاضر، غذاها وضعیت «غذاهای عملکردی»^۱ را به خود گرفته‌اند و باید بتواند مزایای فیزیولوژیکی اضافی، مانند پیشگیری یا به تاخیر انداختن شروع بیماری‌های مزمن، و همچنین برطرف نمودن نیازهای تغذیه‌ای اساسی را فراهم کند. مطالعات تغذیه‌ای در حال حاضر بر بررسی مواد غذایی از نظر پتانسیل محافظتی و پیشگیری از بیماری‌ها متمرکز شده است و بر خلاف گذشته، به جای تاکید بر ویژگی‌های منفی غذاها مانند بار میکروبی و تعداد میکروارگانیسم‌ها، مواد تقلبی، اسیدهای چرب و غلظت آلاینده‌های معدنی، اخیراً فیتوکمیکال‌های موجود در میوه‌ها و سبزیجات توجه زیادی را به خود جلب کرده‌اند که عمدتاً بر نقش آنها در پیشگیری از بیماری‌های ناشی از تنش اکسیداتیو متمرکز است. تنش اکسیداتیو، که رادیکال‌های آزاد اکسیژن را در بدن آزاد می‌کند، علاوه بر افزایش سرعت مسن شدن، در بروز اختلالات مختلف از جمله اختلالات قلبی عروقی، آب مروارید، سرطان‌ها، روماتیسم و بسیاری از بیماری‌های خودایمنی دیگر نقش دارد. فیتوکمیکال‌های موجود در میوه‌ها و سبزی‌ها به عنوان آنتی‌اکسیدان عمل می‌کنند، رادیکال‌های آزاد را از بین می‌برند و به عنوان محافظت‌کننده‌های سلول عمل می‌کنند (Kaur and Kapoor, 2001). فیتوکمیکال‌هایی که مسئول اثرات مفید تغذیه‌ای و سلامتی ناشی از مصرف میوه‌ها و سبزی‌ها هستند، متعدد و متنوع هستند. باوجوداینکه بسیاری از این فیتوکمیکال‌ها مانند ویتامین‌ها و فیبرها در همه محصولات باغبانی وجود دارند، برخی از این ترکیبات در گروه‌های مختلف محصولات باغبانی یا حتی در گونه‌های مختلف منحصربه‌فرد هستند. افزایش آگاهی عمومی از فواید سلامتی حاصل از مصرف برخی غذاها گیاهی که حاوی سطوح بالای مواد مغذی هستند و به اصطلاح "ابر غذاها"^۲ نامیده می‌شوند، موجب افزایش توجه بیشتر به این محصولات نسبت به سایر محصولات باغبانی گردیده است. میوه‌ها و سبزی‌هایی مانند زغال‌اخته، کلم بروکلی، کلم پیچ، انار نمونه‌هایی از گروه ابر غذاها می‌باشند، تقاضای جهانی برای غذاهایی که دارای ارزش تغذیه‌ای بالا بوده و بر سلامتی انسان اثر مثبت دارند، افزایش یافته است. بازار جهانی برای غذاهای جامع و کاربردی^۳ در سال ۲۰۲۰ حدود ۸۰۰ میلیارد دلار تخمین زده شده است (Martynenko et al. 2015). میوه‌ها و سبزی‌ها بخش مهمی از محصولات غذایی سودمند را تشکیل می‌دهند. این اثرات سودمند به‌طور عمده به اثرات ترکیباتی مانند انواع پلی‌فنل‌ها مانند آنتوسیانین‌ها، فلاونوئیدها، پروآنتوسیانیدین‌ها و

1. Functional' foods

2. Super foods

3. Integral and functional food

فلاونول‌ها، کاروتنوئیدها، ویتامین‌های C و E موجود در میوه‌ها و سبزی‌ها نسبت داده می‌شود. بدون در نظر گرفتن میزان مصرف، میوه‌ها حاوی مقادیر مختلفی از انواع آنتی‌اکسیدان‌ها می‌باشند و به دلیل وجود تنوع گونه‌ها و ارقام درختان میوه و هم‌چنین تنوع شرایط آب و هوایی، نوع و میزان ترکیبات آنتی‌اکسیدانی در میوه‌ها نیز تنوع زیادی را نشان می‌دهد. به‌عنوان نمونه، پلی‌فنل‌ها به‌خصوص فلاونوئیدها به میزان بیشتری نسبت به سایر انواع آنتی‌اکسیدان‌ها در میوه‌ها وجود دارند و بیشتر به فرم‌های استری و گلیکوزیدی هستند (da Silva Herve *et al.*, 2018).

معرفی آنتی‌اکسیدان‌های گیاهی

آنتی‌اکسیدان‌ها ترکیباتی هستند که در مقادیر کم، توانایی دادن الکترون یا یک اتم هیدروژن را به یک رادیکال آزاد و غیرفعال کردن یا تغییر آن را دارند. هم‌چنین آنتی‌اکسیدان‌ها می‌توانند کاتیون‌های فلزی را کلات نمایند و یک مولکول پایدار تشکیل شود (Jazic *et al.*, 2018). آنتی‌اکسیدان‌ها به دو صورت آنتی‌اکسیدان‌های طبیعی و آنتی‌اکسیدان‌های سنتز شده در دسترس مصرف‌کنندگان هستند. اگرچه برای افزایش ماندگاری مواد غذایی، آنتی‌اکسیدان‌های مصنوعی مانند هیدروکسی آنیسول‌های بوتیله شده^۴ (BHA)، هیدروکسی تولوئن‌های بوتیله شده^۵ (BHT) و ترت-بوتیل‌هیدروکوتینون^۶ (THBHQ) به مواد غذایی افزوده می‌شوند ولی هنوز میوه‌ها و سبزی‌ها و سایر محصولات کشاورزی منبع مهمی برای دریافت آنتی‌اکسیدان‌ها در جیره غذایی انسان محسوب می‌شوند (Teow, 2005). برخی آنتی‌اکسیدان‌های طبیعی مانند اسیدآسکوربیک، آنتوسیانین‌ها، توکوفرول‌ها، کاتکین‌ها و کاروتنوئیدها به میزان زیادتر از سایر ترکیبات ولی به میزان‌های متفاوت در میوه‌ها وجود دارند. هم‌چنین برخی ترکیبات دیگر مانند ترپنوئیدها، آلکالوئیدها و ترکیبات دارای گوگرد نیز در برخی میوه‌ها وجود دارند که نقش آنتی‌اکسیدانی آن‌ها نیز مورد تأیید قرار گرفته است (Shahidi and Ambigaipalan, 2015). آنتی‌اکسیدان‌های طبیعی دارای ثبات و کارایی بیشتر و هم‌چنین سرعت فعالیت بیشتری نسبت به آنتی‌اکسیدان‌های مصنوعی هستند (Pokorny *et al.* 2001). به‌عنوان نمونه مشخص شده نوعی توکوفرول طبیعی (2R,4'R,8'R- α -tocopherol) نسبت به آلفا-توکوفرول سنتزی، فعال‌تر است زیرا پروتئین ناقل آلفا-توکوفرول به‌صورت انتخابی آلفا-توکوفرول‌های طبیعی را تشخیص می‌دهد (Hudson, 1990). آنتی‌اکسیدان‌های طبیعی نه‌تنها در کاهش پراکسیداسیون چربی‌ها در مواد غذایی، بلکه در کاهش بروز بیماری‌های قلبی و عروقی، انواع سرطان‌ها، پوکی استخوان، بیماری‌های عصبی و دیابت مؤثر هستند (Scalbert *et al.* 2005). تحقیقات زیادی در زمینه شناسایی منابع حاوی آنتی‌اکسیدان‌های طبیعی در گیاهان انجام شده است تا بتوان از آنتی‌اکسیدان‌های طبیعی به‌عنوان جایگزین آنتی‌اکسیدان‌های سنتزی استفاده نمود. آنتی‌اکسیدان‌های موجود در میوه‌ها و سبزی‌ها را می‌توان بر اساس شاخص‌های مختلف تقسیم‌بندی نمود و مورد بررسی قرارداد. یکی از معیارهای گروه‌بندی آنتی‌اکسیدان‌های گیاهی، منشأ ساختار شیمیایی

4 . BHA: butylated hydroxyanisole

5 . BHT: butylated hydroxytoluene

6 . THBHQ

هست. برخی از ترکیبات دارای خاصیت آنتی‌اکسیدانی میوه‌ها مانند ویتامین B، پروتئین‌ها و اسیدهای آمینه غیر پروتئینی، اسیدهای چرب، اسیدهای آلی در گروه ترکیبات اولیه^۷ قرار می‌گیرند. برخی دیگر از ترکیبات آنتی‌اکسیدانی مانند ترپنوئیدها، فنول‌ها، آلکالوئیدها و ترکیبات حاوی گوگرد از گروه متابولیت‌های ثانویه^۸ هستند. آنتی‌اکسیدان‌های موجود در گیاهان از جمله میوه‌ها از نظر فیزیکی و حلالیت در سلول به دو گروه آنتی‌اکسیدان‌های آب‌دوست^۹ مانند پلی‌فنلی‌ها، آنتوسیانین‌ها و ویتامین‌ها و آنتی‌اکسیدان‌های چربی‌دوست^{۱۰} مانند کاروتنوئیدها، توکوفرول‌ها و ویتامین E تقسیم‌بندی می‌شوند. اگرچه هر دو نوع آنتی‌اکسیدان‌های آب‌دوست و چربی‌دوست دارای اثرات گسترده بر فعالیت‌های فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی در بدن انسان می‌باشند ولی آنتی‌اکسیدان‌های آب‌دوست در بدن انسان تجمع نمی‌یابند و می‌توانند از طریق ادرار از بدن خارج شوند در حالی که آنتی‌اکسیدان‌های چربی‌دوست می‌توانند به غشا لیپوپروتئینی سلول‌ها نفوذ نموده و به میزان بیشتری در سلول‌ها مورد استفاده قرار گیرند. در بیشتر میوه‌ها و سبزی‌ها، کل فعالیت آنتی‌اکسیدانی با میزان آنتی‌اکسیدان‌های موجود در بخش چربی‌دوست و یا بخش آب‌دوست ارتباط دارد و تقریباً ۹۰ درصد کل فعالیت آنتی‌اکسیدانی گیاه مربوط به این دو بخش هست. آووکادو و تمشک از میوه‌های دارای بیشترین فعالیت آنتی‌اکسیدانی در بخش چربی‌دوست هستند ولی در سایر میوه‌ها این نوع فعالیت آنتی‌اکسیدانی بسیار کم است (کمتر از پنج درصد). بیشترین میزان فعالیت آنتی‌اکسیدانی آب‌دوست در بلوبری (۶۱/۸ میکرو مول در گرم وزن تر) و بیشترین میزان فعالیت چربی‌دوست در میوه آووکادو (۵/۲۵ میکرو مول در گرم وزن تر) گزارش شده است. به‌طور کلی، بخش آب‌دوست بیشتر میوه‌ها و سبزی‌ها دارای میزان فعالیت آنتی‌اکسیدانی بیشتری نسبت به بخش چربی‌دوست هستند. کرن بری و بلوبری آبی پاکوتاه^{۱۱} میوه‌هایی هستند که دارای میزان بیشتری فعالیت آنتی‌اکسیدانی در بخش آب‌دوست می‌باشند (Wu et al., 2004).

ترکیبات فنلی

ترکیبات فنلی متابولیت‌های ثانویه و مشتقات مسیرهای پنتوز فسفات، شیکیمیت^{۱۲} و فنیل پروپانوئید در گیاهان هستند که در انواع مختلف و به‌صورت گسترده در سلسله گیاهی وجود دارند. به‌طور کلی، این ترکیبات را می‌توان به دو گروه اصلی فلاونوئیدها (فلاونول‌ها^{۱۳}، فلاوانول‌ها^{۱۴} و آنتوسیانین‌ها) و ترکیبات غیر فلاونوئیدی شامل استیلبن‌ها^{۱۵} و فنولیک اسیدها تقسیم‌بندی نمود. اگرچه ترکیبات فنولی در ایجاد خواص حسی و تغذیه‌ای میوه‌ها و سبزی‌ها دخالت دارند ولی به خاطر وجود ترکیبات

7 . Primary metabolites

8 . Secondary metabolites

9 . Hydrophilic

10 . Lipophilic

11 . Low bush blueberry

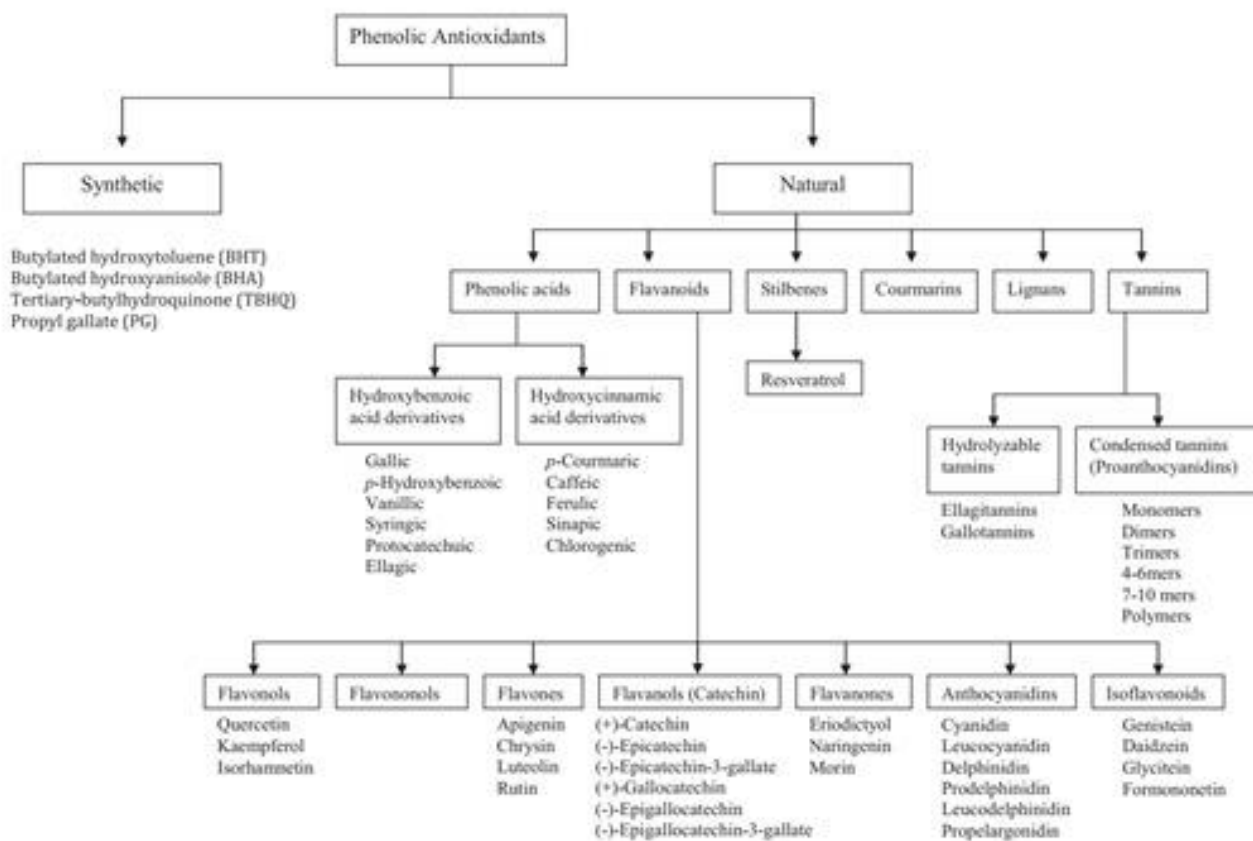
12 . Shikimate

13 . Flavones

14 . Flavanols

15 . Stilbenes

آنتی‌اکسیدانی نیز مورد توجه می‌باشند (Jara- Palacios *et al.*, 2011 ; Ignat *et al.*, 2011). بیش از ۸۰۰۰ ساختار فنلی شناسایی شده است که شامل مولکول‌های ساده (مونومرها و الیگومرها) مانند فنولیک اسیدها تا ترکیبات بسیار پلیمر شده مانند تانن‌ها هستند (Teow, 2005). ترکیبات فنولی را بر اساس تعداد واحدهای فنول موجود در یک مولکول می‌توان در دو گروه ترکیبات فنلی ساده و پلی فنل‌ها تقسیم‌بندی نمود. در بیشتر موارد، پلی فنل‌ها خاصیت آنتی‌اکسیدانی بیشتری نسبت به مونوفنول‌ها نشان می‌دهند (Amarowicz *et al.*, 2009). میزان ترکیبات فنلی در میوه‌ها بیشتر از سبزی‌ها، خشک میوه‌ها و روغن‌زیتون است. میوه‌ها، سبزی‌ها، چای، محصولات دانه‌ای، نوشیدنی‌هایی مانند قهوه و کاکائو که از میوه استخراج می‌شوند و همچنین فرآورده‌های نوشیدنی که از میوه انگور تهیه می‌شوند، منبع مهم دریافت ترکیبات فنلی از طریق محصولات غذایی گیاهی هستند. اگرچه سبزی‌ها به‌عنوان یکی از منابع مهم دریافت آنتی‌اکسیدان‌ها در جیره غذایی محسوب می‌شوند ولی ترکیبات فنلی دارای خاصیت آنتی‌اکسیدانی در میوه‌ها از نظر کمیت و کیفیت، نسبت به سبزی‌ها برتری دارند (Shahidi and Ambigaipalan, 2015).



شکل ۱: گروه‌بندی ترکیبات فنلی مصنوعی و طبیعی دارای خاصیت آنتی‌اکسیدانی (Shahidi and Ambigaipalan, 2015).

فلاونوئیدها

فلاونوئیدها مهم‌ترین و گسترده‌ترین گروه ترکیبات فنلی هستند و تاکنون بیش از ۴۰۰۰ ترکیب فلاونوئیدی شناسایی شده

است. ساختار اصلی آن‌ها C₆-C₃-C₆ است و دارای دو واحد شش کربنه (در حلقه A و B) هستند. با توجه به الگوی هیدروکسیلاسیون و تنوع در حلقه کرومان^{۱۶} که حلقه C هست، فلاونوئیدها را می‌توان به زیرگروه‌هایی مانند آنتوسیانین‌ها، فلاونول‌ها، فلاون‌ها، فلاوانون‌ها^{۱۷}، فلاونول‌ها، و ایزو فلاون‌ها^{۱۸} تقسیم‌بندی نمود (Shahidi and Naczki, 2004).

فلاونول‌ها

فلاونول‌ها از رایج‌ترین ترکیبات فلاونوئیدی در گیاهان هستند و مهم‌ترین ترکیبات این گروه شامل کوئرستین^{۱۹} و کامپفرول^{۲۰}، میریستین^{۲۱} و ایزورامنتین^{۲۲} می‌باشد. این ترکیبات معمولاً در غلظت کم وجود دارند (۱۵-۳۰ میلی‌گرم در کیلوگرم وزن تازه) و بیشتر به فرم متصل به گلوکوزیدها وجود دارند. میوه‌ها در مقایسه با سبزی‌ها دارای مقدار کمتری فلاونول‌ها هستند. در میان میوه‌ها بیشترین میزان فلاونول‌ها در بلوبری‌ها وجود دارد. فلاونول‌ها بیشتر در پوست (اگزوکارپ) میوه‌ها تجمع می‌یابند زیرا سنتز آن‌ها توسط نور تحریک می‌شود (Manach et al. 2004). میوه گلابی، میوه کاکتوس اپونتیا و روغن زیتون دارای مقدار بیشتری ایزورامنتین هستند. سنتز فلاونول‌ها در حضور نور تحریک می‌شود (Wang, 2016).

فلاون‌ها

فلاون‌ها در میوه‌ها و سبزی‌ها نسبت به فلاونول‌ها به میزان کمتری وجود دارند. لوتئولین^{۲۳} و آپیجنین^{۲۴}، کریسین^{۲۵} و روتین^{۲۶} از مهم‌ترین فلاون‌ها هستند که بیشتر به فرم گلیکوزیدی وجود دارند (Feng et al. 1998). آپیجنین و گلوکوزیدهای آن (diosmetin 6,8-di-C-glucosides) در آب‌میوه‌های پرتقال برگاموت (*Citrus bergamia*)، نارنگی‌های ماندیرین، پرتقال و ترنج^{۲۷} و سایر مرکبات مانند کامکوات‌ها (گروهی از مرکبات از جنس فورچونلا^{۲۸}) وجود دارد. سینسنستین^{۲۹} و نوبیلتین^{۳۰} از سایر ترکیبات فلاونی هستند که در مرکبات تشخیص داده شده‌اند (Hostetler et al. 2017).

فلاوانون‌ها

فلاوانون‌ها به میزان زیاد تنها در میوه‌های مرکبات وجود دارند. مهم‌ترین فلاوانون‌ها شامل نارینجین^{۳۱} در گریپ‌فروت،

16 . Chromane ring

17 . Flavanones

18 . Isoflavones

19 . Quercetin

20 . Kaempferol

21 . Myricetin

22 . Isorhamnetin

23 . Luteolin

24 . Apigenin

25 . Chrysin

26 . Rutin

27 . Citron

28 . Fortunella

29 . Sinensetin

30 . Nobiletin

31 . Naringenin

هسپرتین^{۳۲} در پرتقال‌ها، اریودیکتیول^{۳۳} در میوه لیمون‌ها می‌باشد. فلاوانون‌ها با دی ساکاریدها در موقعیت ۷ پیوند داده و فرم گلیکوزیدی تولید می‌کنند و یا با نئوهسپریدوز^{۳۴} واکنش می‌دهند و طعم تلخ ایجاد می‌کنند (مانند نارینجین در گریپ‌فروت) یا روتینوز^{۳۵} تولید می‌شود که یک ترکیب فلاوانونی بدون مزه است. آب مرکبات حاوی ۲۰۰ تا ۶۰۰ میلی‌گرم در لیتر هسپریدین و ۸۵-۱۵ میلی‌گرم در لیتر نارپروتین^{۳۶} می‌باشد. یک لیوان آب پرتقال می‌تواند بین ۱۴۰-۴۰ میلی‌گرم گلیکوزیدهای فلاوانونی داشته باشد (Tomas- Barrberan *et al.* 2000). مورین^{۳۷} یکی از ترکیبات این گروه هست که در میوه توت آمریکایی (*Maclura pomifera*) و برگ‌های درخت میوه گرمسیری گواوا (*Psidium guajava*) وجود دارد.

ایزوفلاون‌ها

ایزوفلاون‌ها^{۳۸} ترکیبات فلاونوئیدی هستند که شباهت‌های ساختاری با استروژن‌ها^{۳۹} دارند و بنابراین به‌عنوان فیتواستروژن‌ها^{۴۰} طبقه‌بندی می‌شوند. فیتواستروژن‌ها آنتی‌اکسیدان‌های مهمی محسوب می‌شوند. به دلیل شباهت ساختار فضایی ایزوفلاون‌ها با استروژن، در بدن انسان ایزوفلاون‌ها امکان اتصال به گیرنده‌های استروژن را دارند و یا روی گیرنده‌های غیر استروژنی تأثیر می‌گذارند و یا مکانیسم‌های کنترل شونده توسط هورمون‌ها را تغییر می‌دهند. جنیستین^{۴۱}، دیادزئین^{۴۲} و گلائیستین^{۴۳} از مهم‌ترین ایزوفلاون‌ها هستند (Manach *et al.*, 2004). میزان دیادزئین و جنیستین در انگور فرنگی‌ها و کشمش به ترتیب ۲۲۵۰ و ۱۸۴۰ میکروگرم در کیلوگرم وزن تر و در سایر میوه‌های تازه و خشک میوه‌ها بین ۱-۲۲۵۰ میکروگرم در کیلوگرم وزن تر گزارش شده، درحالی‌که میزان این ترکیبات در بذر سویا (یکی از منابع مهم ایزوفلاون در گیاهان) حدود دو گرم در کیلوگرم وزن تر هست (Liggins *et al.*, 2000).

فلاوانول‌ها

فلاوانول‌ها به‌صورت مونومری (کاتکین‌ها) و پلی مری (پروآنتوسیانیدین‌ها) وجود دارند. کاتکین‌ها در بسیاری از انواع میوه‌ها وجود دارند ولی زردآلو دارای بیشترین میزان کاتکین در میان میوه‌ها هست (۲۵۰ میلی‌گرم در کیلوگرم). کاتکین و اپی کاتکین (Epicatechin) از مهم‌ترین فلاوانول‌های موجود در میوه‌ها هستند. گالوکاتکین (Gallocatechin)، اپی گالوکاتکین (Epigallocatechin) و اپی گالوکاتکین گالات (Epigallocatechin gallat) در میوه انگور و برگ چای وجود دارند (Arts

32 . Hesperetin
 33 . Eriodictyol
 34 . Neohesperidose
 35 . Rutinose
 36 . Narirutin
 37 . Morin
 38 . Isoflavones
 39 . Oestrogens
 40 . Phytoestrogens
 41 . Genistein
 42 . Diadzein
 43 . Glycitein

و همکاران، ۲۰۰۰). در مورد میزان فلاوانول‌ها در میوه‌ها مقادیر متفاوتی گزارش شده است. بیشترین میزان فلاوانول‌ها در میوه آلو (رقم Claudia)، سیب، کوستارد اپل (Custard apple)، هلو، توت‌فرنگی و گیلاس وجود دارد (بین ۳۷۰-۷۰ میلی‌گرم در گرم وزن خشک) در حالی که کمترین میزان فلاوانول‌ها در میوه‌های آووکادو، موز و گلابی (رقم Blanquilla) گزارش شده است (کمتر از ۴ میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم وزن خشک) (Garcia-Alonso *et al.*, 2004). برخلاف سایر انواع فلاونوئیدها، ترکیبات فلاوانول به فرم گلیکوزیدی در محصولات باغبانی وجود ندارند. پروآنتوسیانیدین‌ها (تانن‌های متراکم) گروه دیگری از ترکیبات فلاوانولی هستند که عامل ایجاد طعم گس در میوه‌هایی مانند انگور، هلو، خرمالو، سیب، گلابی و میوه‌های ریز، هم‌چنین نوشیدنی‌های چای و طعم تلخ شکلات می‌باشند.

آنتوسیانیدین‌ها

آنتوسیانیدین‌ها^{۴۴} مهم‌ترین گروه ترکیبات فلاونوئیدی محلول در آب هستند و عامل ایجاد رنگ‌های قرمز، آبی و بنفش در گل‌ها، سبزی‌ها و میوه‌ها محسوب می‌شوند و شامل ترکیباتی مانند پئونیدین^{۴۵}، پتونیدین^{۴۶}، پلارگونیدین^{۴۷}، مالویدین^{۴۸}، سیانیدین^{۴۹} و دلفینیدین^{۵۰} می‌باشند که به فرم گلیکوزیدی وجود دارند و به‌طور عمومی به‌عنوان آنتوسیانین‌ها شناخته می‌شوند. سیانیدین-۳-گلوکوزید^{۵۱} گسترده‌ترین آنتوسیانین موجود در میوه‌ها هست (Kong *et al.*, 2003). آنتوسیانین‌ها به میزان زیادی در میوه‌های ریز وجود دارند و موجب ایجاد تنوع رنگ بسیار زیادی در این میوه‌ها می‌شوند. میوه کرن‌بری، سیاه‌توت و الدربری^{۵۲} حاوی مشتقات تنها یک نوع آنتوسیانین (سیانیدین) هستند ولی در میوه بلوبری‌ها و تمشک‌ها انواع آنتوسیانیدین‌ها وجود دارد (Shahidi and Ambigaipalan, 2015). در جدول یک میزان آنتوسیانین کل در برخی میوه‌ها مقایسه گردیده است. تولید آنتوسیانین‌ها تحت تأثیر شرایط محیطی قرار می‌گیرد. نتایج یک بررسی نشان داد درجه حرارت پایین و نور ماورا بنفش موجب افزایش میزان تولید آنتوسیانین‌ها در پوست میوه سیب شد (Reay and Lancaster, 2001).

سایر ترکیبات فنلی

ترکیبات فنولی به دو گروه ترکیبات فلاونوئیدی و ترکیبات غیرفلاونوئیدی تقسیم‌بندی می‌شوند. ترکیبات فنولی غیرفلاونوئیدی در بسیاری از محصولات باغبانی وجود دارند و برای سلامتی انسان مفید هستند. ترکیبات فنولی غیرفلاونوئیدی،

44 . Anthocyanidins

45 . Peonidin

46 . Petunidin

47 . Pelargonidin

48 . Malvidin

49 . Malvidin

50 . Delphinidin

51 . Cyanidin-3-glucoside

52 . Elderberry

شامل فنل‌های ساده، تانن‌های قابل هیدرولیز، کومارین‌ها، بنزوئیک اسید، سینامیک اسید، زانتون‌ها^{۵۳} و استیلبن‌ها^{۵۴} (رسوراترول^{۵۵})، لیگنان‌ها، بنزوفنون‌ها^{۵۶}، استوفنون‌ها^{۵۷}، فنیل استیک‌ها^{۵۸} هستند (Stalikas et al., 2009). وجود رسوراترول در پوست میوه انگور گزارش شده است (Paomino et al. 2000). در میوه بیل بری (یک نوع میوه ریز) نیز وجود رسوراترول گزارش شده است (Lyones et al., 2003). لیگنان‌ها^{۵۹} گروه دیگری از ترکیبات فنلی غیر فلاونوئیدی هستند که مهم‌ترین ترکیب در این گروه پینورسینول^{۶۰} و مشتقات آن هست و در میوه‌های گلابی و آلوها (Prunes) وجود دارد.

جدول ۱: مقایسه میزان آنتوسیانین کل در برخی میوه‌ها (Horbowicz et al., 2008)

| میوه | میزان آنتوسیانین کل (میلی گرم بر کیلوگرم وزن تر) | میوه | میزان آنتوسیانین کل (میلی گرم بر کیلوگرم وزن تر) |
|--------------|--|---------------------|--|
| سیب | ۱۰۰-۲۱۶۰ | توت‌فرنگی | ۱۲۷-۳۶۰ |
| انگور (قرمز) | ۳۰۰-۷۵۰۰ | تمشک قرمز | ۱۰۰-۶۰۰ |
| انگور (آبی) | ۸۰-۳۸۸۰ | تمشک سیاه | ۷۶۳-۴۲۷۷ |
| مویز (سیاه) | ۱۳۰۰-۴۰۰۰ | توت سیاه | ۸۲۰-۱۸۰۰ |
| مویز (قرمز) | ۱۱۹-۱۸۶ | بلوبری | ۸۲۵-۵۳۰۰ |
| گیلاس | ۳۵۰۰-۴۵۰۰ | کران بری | ۴۶۰-۲۰۰۰ |
| آلو | ۱۹-۲۵۰ | میوه آفتی (الدربری) | ۲۰۰۰-۱۵۶۰۰ |
| پرتقال خونی | ۲۰۰ | کک بری | ۵۰۶۰-۱۰۰۰۰ |

آسکوربات (ویتامین ث)

اسید اسکوربیک از مهم‌ترین آنتی‌اکسیدان‌های موجود در میوه‌ها و یک پاک‌سازی کننده مؤثر رادیکال‌های آزاد اکسیژن هست که می‌تواند با انواع گونه‌های اکسیژن فعال واکنش دهد و ترکیب دهیدروکسی اسکوربات تولید کند که توانایی پاک‌سازی اکسیژن نوزاد و احیا رادیکال‌های سولفور را دارد (Zou et al., 2015). آسکوربات در آب محلول است و در بافت‌های بسیاری از گیاهان و جانوران به میزان زیاد وجود دارد. با مشخص شدن اهمیت ویتامین ث در جلوگیری از بروز سرطان و اثرات سودمند تأمین اسکوربات به صورت روزانه، علاقه‌مندی مصرف‌کنندگان به تأمین ویتامین ث از سبزی‌ها و سیب‌زمینی به میوه‌ها تغییر یافته است (Ocke, 1996). ویتامین ث (آسکوربات) به‌عنوان یکی از مهم‌ترین و کم‌خطرترین آنتی‌اکسیدان‌های طبیعی معرفی شده است. مهم‌ترین منبع آسکوربات در میوه‌ها شامل مرکبات (به‌خصوص پرتقال)، انگور قرمز، توت‌فرنگی، کیوی، فروت، آلبالو و گیلاس، و سبزی‌های میوه‌ای مانند گوجه‌فرنگی و طالبی است و در سایر میوه‌ها میزان اسید اسکوربیک پایین هست (Vinson, 2001). ظرفیت جذب رادیکال اکسیژن^{۶۱} (ORAC) در میوه‌ها به‌جز کیوی فروت و طالبی، کمتر از ۱۵ درصد گزارش شده است. مهم‌ترین عامل ظرفیت آنتی‌اکسیدانی میوه کیوی فروت ناشی از میزان زیاد ویتامین ث می‌باشد ولی در سیاه‌توت‌ها، اسکوربات

53 . Xanthonnes

54 . Stilbenes

55 . Resveratrol

56 . Benzophenones

57 . Acetophenones

58 . Phenylacetic

59 . Lignans

60 . Pinoresinol

61 . oxygen radical absorbing capacity (ORAC)

ها نقش کمی در کل ظرفیت آنتی‌اکسیدانی دارند. البته اهمیت آسکوربات‌ها در این رابطه بسته به رقم متفاوت است (Thomas, 2004; Abbasy *et al.*, 2013). هم‌چنین میزان اسیداسکوربیک تحت تأثیر زمان برداشت میوه (Paimard *et al.* 2014) و یا برهمکنش زمان برداشت و مدت‌زمان انبار مانی میوه (Paimard and Heidari, 2018) قرار می‌گیرد.

ویتامین E

ویتامین E گروه متنوعی از ترکیبات را شامل می‌شود که هشت نوع مهم آن شامل انواع توکوفرول‌ها (α -, β -, γ - and δ -tocopherols) و توکوترینول‌ها (α -, β -, γ - and δ -tocotrienols) هستند که در روغن‌های گیاهی، خشک میوه‌ها و بذر گیاهان مختلف به میزان زیادی وجود دارند. گزارش گردیده است ویتامین E در بدن انسان نقش آنتی‌اکسیدانی و ضدالتهابی داشته و در سیگنال دهی سلول و اپوپتوسیس دخالت دارد. آلفا توکوفرول مهم‌ترین ترکیب این گروه از مواد شیمیایی در بدن انسان است. پوست یکی از نقاط بدن انسان است که ویتامین E در آن بیشتر فعالیت آنتی‌اکسیدانی و محافظت در برابر نور ماورا بنفش را دارد (Jideani *et al.*, 2021).

کاروتنوئیدها

کاروتنوئیدها گروهی متنوع شامل بیش از ۶۰۰ نوع رنگ‌دانه‌های گیاهی محلول در چربی هستند که در بسیاری از میوه‌ها و سبزی‌ها وجود دارند. میوه‌های دارای رنگ زرد، نارنجی و قرمز حاوی مقدار بیشتری کاروتنوئیدها هستند که با پیشرفت بلوغ و طی دوره رسیدن میوه میزان آن‌ها افزایش می‌یابد. کاروتنوئیدها در کلروپلاست و سایر کروموپلاست‌ها وجود دارند. مهم‌ترین کاروتنوئیدهای موجود در مواد غذایی که توسط بدن انسان جذب می‌شوند شامل آلفا-کاروتن، بتا-کاروتن، لیکوپن، گزانتوفیل‌ها، بتا-کرپتوزانتین‌ها^{۶۲}، لوتین^{۶۳} و زئازانتین^{۶۴} می‌باشد. دو گروه اصلی کاروتنوئیدها شامل کاروتن‌هایی با هیدروکربن‌های کاروتنوئیدی دارای یک اتم کربن و هیدروژن و گزانتوفیل‌های حاوی حداقل یک اتم هیدروژن فعال به فرم هیدروکسل، کتو-اپوکسی-، متوکسی- و یا گروه‌های کربوکسیلیک اسید هستند (Rodriguez-Bernaldo de Quiros and Costa). خاصیت آنتی‌اکسیدانی کاروتنوئیدها به نوع رادیکال آزاد بستگی دارد که با آن‌ها واکنش می‌دهد. به‌عنوان نمونه بتاکاروتن حساس‌ترین کاروتنوئید به اکسیژن نوزاد (1O_2) است ولی کمترین واکنش را با رادیکال هیدروکسیل (OH^\bullet) دارد. منابع عمده بتاکاروتن در گیاهان شامل سبزی‌های برگی، پرتقال و میوه‌ها و سبزی‌های میوه‌ای دارای رنگ زرد هستند. میزان بتاکاروتن در میوه‌ها معمولاً کمتر از سبزی‌ها است. میزان بتاکاروتن در میوه‌های نارنجی، شلیل و هلو و آلوئی رقم ویکتوریا به ترتیب ۹۵۰، ۵۷۰ و ۱۰۱۰ میکروگرم در گرم وزن تر گزارش شده است (Roberts and Gordon, 2003).

⁶² . β -cryptoxanthin

⁶³ . Lutein

⁶⁴ . Zeaxanthin

ترکیبات گوگردی آلی^{۶۵}

باوجود اینکه اثرات فیزیولوژیکی ترکیبات حاوی گوگرد در گیاهان و اثرات آن‌ها بر سلامتی انسان مورد مطالعه قرار گرفته است، طی چند دهه اخیر سایر نقش‌های ترکیبات حاوی گوگرد مانند نقش آنتی‌اکسیدانی، ضد میکروبی و اثرات دارویی در انسان مورد توجه قرار گرفته است. ترکیبات گوگردی آلی در میوه‌ها به میزان کمتر نسبت به سبزی‌ها وجود دارند. به عنوان نمونه در گریپ‌فروت ماده ۱-p-منتن، ۳-اگزاتین تشخیص داده شده است (Mussinan and Keelan, 1994).

ترکیبات آلکالوئیدی

بتالین‌ها^{۶۶} گروهی از ترکیبات آلکالوئیدی و رنگ‌دانه‌های بسیار کمیاب هستند که تنها در ده خانواده گیاهان عالی وجود دارند. بتالین‌ها به دو گروه عمده بتاسیانین‌های قرمز-بنفش و بتازانتین‌های زرد رنگ تقسیم می‌شوند. اگرچه این ترکیبات به عنوان جایگزین رنگ‌های مصنوعی در صنایع غذایی مورد توجه هستند ولی اثرات دارویی و آنتی‌اکسیدانی آن‌ها نیز مورد توجه هست. علاوه بر سبزی‌هایی مانند چغندر قند، سویس چارد^{۶۷} و تاج‌خروس، وجود بتالین‌ها در میوه کاکتوس دو جنس اپونتیا (*Opuntia*) و هیلوسرسوس (*Hylocereus*) مورد مطالعه قرار گرفته و خاصیت آنتی‌اکسیدانی بتالین موجود در پیتایا^{۶۸} یا دراگون فروت قرمز (*Hylocereus polyrhizus*) که میوه یک نوع کاکتوس رونده است مورد تأیید قرار گرفته است (Smeriglio et al., 2019; De Wit et al. 2020).

کلروفیل‌ها

باوجود اینکه در گیاهان ظرفیت آنتی‌اکسیدانی کلروفیل‌ها مشخص شده است ولی نقش آنتی‌اکسیدانی آن‌ها در غذاهای گیاهی مطرح نیست. به نظر می‌رسد کمبود اطلاعات در مورد فعالیت آنتی‌اکسیدانی کلروفیل‌ها در انسان، ناشی از مشکلات استخراج کلروفیل‌ها و مشتقات آن‌ها (مانند فتوفاتین) به صورت خالص و پایدار هست. رنگ‌دانه‌های سبز (مانند کلروفیل‌ها) و یا بخش لیپوفیلیک این رنگ‌دانه‌ها می‌تواند حاوی مقدار زیاد آنتی‌اکسیدان‌های چربی دوست باشد (Wu et al., 2004). باوجود اینکه به وجود کلروفیل در گوشت میوه‌های تجاری کمتر توجه شده است، رنگ سبز بافت گوشت کیوی فروت یک نمونه جالب است. هر دو نوع کلروفیل a و b در گوشت میوه کیوی فروت رقم هیوارد وجود دارد و به دلیل عدم وجود کاروتنوئیدهای استری شده و عدم تبدیل کلروپلاست به کروموپلاست، بافت گوشت میوه کیوی فروت همیشه سبز می‌ماند (McGhie and Ainge, 2002).

65 . Organo-Sulfur compounds

66 . Betalains

67 . Swiss chard

68 . Pitaya

عناصر معدنی

حدود ۸۱ عنصر شیمیایی در بدن پستانداران وجود دارد که تعدادی از این عناصر با میزان‌های متفاوت در میوه‌ها نیز یافت می‌شود. برخی از عناصر موجود در گیاهان مانند منگنز، آهن، مس، روی و سلنیوم دارای ظرفیت آنتی‌اکسیدانی هستند (Amitava, and Kimberly, 2014). به‌عنوان مثال سلنیوم یکی از اجزا اصلی آنزیم آنتی‌اکسیدانی گلوکوتایون پراکسیداز^{۶۹} (GSH-Px) هست که می‌تواند رادیکال‌های آزاد در سیتوپلاسم را تجزیه نموده و بافت‌ها را در برابر آسیب آنتی‌اکسیدانی حفاظت نماید (Levander *et al.*, 1995). بررسی میزان سلنیوم و سایر عناصر دارای ظرفیت آنتی‌اکسیدانی در میوه‌ها می‌تواند اهمیت توجه اثر تغذیه درختان میوه در بهبود وضعیت آنتی‌اکسیدان‌های گیاهی و امکان غنی‌سازی میوه‌ها با عناصر فوق از طریق تغییر برنامه مصرف کود را مطرح نماید.

بررسی نوع و میزان آنتی‌اکسیدان‌ها در برخی میوه‌ها

اگرچه مشخص گردیده است میوه‌ها دارای مقادیر متفاوت از انواع ترکیبات آنتی‌اکسیدانی هستند ولی در گیاهان برخی خانواده‌های گیاهی، میزان ترکیبات آنتی‌اکسیدانی بیشتر هست که در این رابطه می‌توان به خانواده‌های رزاسه (*Rosaceae*)، خانواده گردو (*Juglandaceae*)، خانواده انار (*Punicaceae*)، خانواده مرکبات (*Rutaceae*)، خانواده انگور (*Vitaceae*)، خانواده بلوبری (*Ricaceae*) و خانواده انگور فرنگی (*Grossulariaceae*) اشاره نمود.

میوه‌های معتدله

مهم‌ترین میوه‌های معتدله شامل هسته داران (هلو، گیلان و آلبالو، آلو، زردآلو) و دانه‌داران (سیب، گلابی، زالزالک، ازگیل) از خانواده رزاسه هستند. از گروه خشک میوه‌های معتدله می‌توان به فندق، گردو و بادام اشاره نمود. سیب: میوه سیب منبع غنی از انواع ترکیبات فنولی بوده و هم‌چنین ظرفیت آنتی‌اکسیدانی بالایی دارد. گروه‌های مهم ترکیبات پلی فنولیک در میوه سیب شامل هیدروکسی سینامیک اسیدها، فلاوان-۳-ال و آنتوسیانین‌ها، فلاونول‌ها و دی‌هیدروچالکون‌ها^{۷۰} می‌باشد. گوشت میوه سیب حاوی کاتکین‌ها، پروسیانیدین‌ها، فلوریدزین^{۷۱}، فلورتین‌های گلیکوسیدی^{۷۲}، کافئیک اسید و کلروژنیک اسید است. پوست میوه سیب حاوی همه این ترکیبات بوده و هم‌چنین دارای ترکیبات فلاونوئیدی مانند کوئرستین‌های گلوکوزیدی هست که در گوشت وجود ندارند. بیش از ۴۶ درصد کل ترکیبات فنلی سیب در پوست میوه وجود دارد. هیدروسینامیک اسیدها در گوشت میوه سیب نقش مهمی در ایجاد ظرفیت آنتی‌اکسیدانی دارند. کلروژنیک اسید مهم‌ترین ترکیب فنولی از گروه هیدروسینامیک اسیدها هست که وجود آن در میوه سیب تشخیص داده‌شده و حدود ۸۷ درصد کل این ترکیبات را تشکیل

69 . GSH-Px: Glutathione peroxidase

70 . Di-hydrochalcones

71 . Phloridzin

72 . Phloretin glycosides

می‌دهد. مشتقات هیدروسینامیک اسید همراه با کوئینیک اسید در بسیاری از میوه‌ها وجود دارند. یک نمونه این ترکیبات در میوه سیب به نام پارا-کومارویل کوئینیک اسید^{۷۳} وجود دارد. میزان فعالیت آنتی‌اکسیدانی میوه سیب را می‌توان بر اساس میزان فلوریدزین، پروسیانیدین B₂، مجموع میزان روتین و ایزوکوئرستین، پروتوکاتکوئیک اسید^{۷۴} و هیپرین^{۷۵} تخمین زد (Shahidi and Nacz, 2004). وجود آنتوسیانین در گوشت میوه در ارقام تجاری سیب تشخیص داده نشده است ولی در برخی ارقام مانند پینک پیپر^{۷۶} و وریوگ^{۷۷} رنگ‌دانه‌های قرمز در گوشت میوه وجود دارد. سیانیدین -۳-او-گالاکتوسید^{۷۸} یکی از مهم‌ترین ترکیبات ایجادکننده رنگ قرمز در میوه‌های دارای پوست قرمز و هم‌چنین گوشت سیب‌های قرمز هست. ارقام سیب با گوشت قرمز دارای فعالیت آنتی‌اکسیدانی بیشتری نسبت به میوه‌های سیب دارای رنگ روشن هستند. در ایران وجود حداقل ۹ ژنوتیپ سیب با گوشت قرمز گزارش شده است (دامپار و همکاران، ۱۳۹۲). در سیب مازند-۲ (یک ژنوتیپ سیب گوشت قرمز جمع‌آوری شده از مازندران) میزان آنتوسیانین گوشت میوه ۱/۰۷۶ مول بر گرم وزن تر و در رقم تجاری گلدن دلشز (سیب زرد لبنانی) میزان آن ۰/۰۴۳ مول بر گرم وزن تر گزارش شده است (جباری و همکاران ۱۳۹۸).

هلو: یکی از میوه‌های هسته‌دار پرمصرف در سرتاسر جهان هست. گزارش گردیده است ترکیبات فنولی نقش مهمی در بروز فعالیت آنتی‌اکسیدانی در میوه هلو دارند مهم‌ترین ترکیبات فنولی در انواع هلوها شامل هیدروکسی سینامات‌ها^{۷۹}، پروسیانیدین‌ها^{۸۰}، فلاونول‌ها و آنتوسیانین‌ها می‌باشند. سایر آنتی‌اکسیدان‌های موجود در میوه هلو شامل اسکوربیک اسید و کاروتنوئیدها می‌باشد. باین حال میزان اسکوربیک اسید و کاروتنوئیدها، در هلو پایین است (Tomás-Barberán *et al.* 2001).

گیلاس و آلبالو: میوه گیلاس و آلبالو دارای آنتوسیانین و ترکیبات فنولی هستند و مصرف منظم آن‌ها در کاهش احتمال بروز بیماری‌های قلبی، دیابت و برخی انواع سرطان‌ها مؤثر است. گیلاس و آلبالو منبع غنی از فلاونوئیدها می‌باشند. مهم‌ترین آنتوسیانیدین‌های میوه گیلاس شامل سیانیدین-۳-روتینوزید، سیانیدین-۳-گلوکوزید، پئونیدین-روتینوزید، پئونیدین-۳-گلوکوزید و پلارگونیدین-۳-روتینوزید می‌باشد. در بررسی ترکیبات آنتوسیانینی میوه گیلاس بایستی به تنوع رنگ میوه در ارقام مختلف توجه گردد. میوه‌های گیلاس دارای مقدار زیادی فنولیک اسیدها هستند. بیشترین ترکیبات فنولی موجود در میوه گیلاس شامل هیدروکسی سینامیک اسیدها مانند کافئیک اسید و کوماریک اسید است که دارای خاصیت آنتی‌اکسیدانی می‌باشند (Shahidi and Nacz, 2004). میوه آلبالو حاوی سیانیدین-۳-گلیکوزید، سیانیدین-۳-روتینوزید، سیانیدین-۳-او-

73 . p-coumaroylquinic acid

74 . Protocatechuic acid

75 . Hyperin

76 . Pink piper

77 . Weriuge

78 . Cyanidin-3-O-galactocid

79 . Hydroxycinnamates

80 . Procyanidins

گلوکوسیل روتینوزید^{۸۱}، سیانیدین-۳-سوفوروسید، پلارگونیدین-۳-او-گلوکوزید، پئونیدین-۳-او-روتینوزید و سیانیدین-۳-او-آرابینوسیل روتینوزید^{۸۲} است. میوه آلبالو تلخه (*Prunus mahaleb*) یا محلب یک گونه آلبالوی وحشی در طب سنتی است که در آب‌میوه آن وجود ترکیبات فعال زیستی مانند آنتوسیانین، کومارین و اسید فنولیک ها (از جمله او-کوماریک اسید گلوکوزید) (Ieri et al., 2012)، و ویتامین ث (۳۹/۲۶ میلی‌گرم در ۱۰۰ میلی‌لیتر) گزارش شده است (بذرافکن و همکاران، ۱۳۹۷).

آلوه‌ها: درختان آلو یکی از متنوع‌ترین درختان میوه در جهان محسوب می‌شوند که دارای حدود ۶۰۰۰ رقم می‌باشند ولی گونه‌های آلو اروپایی (*Prunus domestica* L.) و آلو ژاپنی (*P. salicina* Lindl.) اهمیت بیشتری دارند. میوه آلو منبع غنی از ویتامین‌ها به خصوص ویتامین‌های A و C، فولات و ویتامین K هست. هم‌چنین دارای مقدار مناسبی ریبوفلاوین (ویتامین B2)، ویتامین E است. به دلیل تنوع گونه‌ای، میوه آلوه‌ها از نظر ترکیبات دارای خاصیت آنتی‌اکسیدانی تفاوت دارند. میزان زیاد ترکیبات فنلی به‌عنوان مهم‌ترین عامل ایجاد ظرفیت آنتی‌اکسیدانی در میوه آلو محسوب می‌شود. مهم‌ترین ترکیبات فنولی در آلو شامل آنتوسیانین‌ها، فلاونول‌ها، فلاوان-۳-ال (از جمله پروآنتوسیانیدین) و مشتقات هیدروکسی سینامیک اسید است (Hwang, 2020). ژنوتیپ‌های آلو که غنی از ترکیبات فنلی هستند، خاصیت ضد میکروبی قوی در برابر باکتری‌های سالمونلا و اشرشیا دارند (Cevallos-Casals et al. 2006).

میوه‌های ریز

انواع میوه‌های ریز به خاطر میزان زیاد ترکیبات رنگی و بافت ترد و طعم‌های خاص بسیار مورد توجه هستند ولی با وجود ویژگی‌های مهم، موارد متعدد نحوه مصرف و دلایل توجه به میوه‌های ریز، این گروه از میوه‌ها بسیار متنوع و دارای مقادیر قابل توجهی ترکیبات آنتی‌اکسیدانی هستند. به‌عنوان مثال، میوه‌هایی مانند انواع بلوبری‌ها^{۸۳}، توت سیاه‌ها^{۸۴}، تمشک‌ها^{۸۵}، توت‌فرنگی‌ها، الدربری، انگور فرنگی سیاه و قرمز^{۸۶} منبع مهمی از ترکیبات فنولی هستند (Jara-Palacios et al., 2019)؛ et (Manganaris al., 2014).

انگور: بیشترین ترکیبات فنولی میوه انگور در پوست میوه وجود دارند و در دو گروه ترکیبات فلاونوئیدی (گروه فلاوان-۳-ol مانند کاتکین، فلاونوئیدها مانند کوئرستین و آنتوسیانین‌ها) و ترکیبات غیر فلاونوئیدی (هیدروکسی بنزوئیک اسیدها مانند گالیک اسید، هیدروکسی سینامیک اسیدها و استیلبن‌ها مانند رسوراترول) قرار دارند. بذر میوه انگور منبع غنی از ترکیبات

81 . Cyanidin-3-O-glucosylrutinoside

82 . Cyanidin-3-O-arabinosylrutinoside

83 . Blueberries

84 . Blackberries

85 . Raspberries

86 . Black and Red currants

فنلی مونومری مانند (+) - کاتکین ها، (-) - اپی کاتکین ها، (+) - گالوکاتکین ها، (-) - اپی گالوکاتکین ها و پروآنتوسیانیدین های دی مری، ترمری و تترا مری هست. آنتوسیانین های پوست میوه انگور به‌طور عمده شامل مالویدین ۳- اورتو-گلوکوزید، سیانیدین، دلفینیدین، پئونیدین و پتونیدین هست. مالویدین که قرمز رنگ‌ترین آنتوسیانین در میان ترکیبات آنتوسیانینی هست، مهم‌ترین آنتوسیانین موجود در میوه ارقام انگور اروپایی (*Vitis vinifera*) است که دارای رنگ قرمز تیره می‌باشند. پروآنتوسیانیدین ها از مهم‌ترین ترکیبات فنولی موجود در انواع انگورها هستند و بیشتر در پوست و بذر میوه انگور وجود دارند (Wang, 2016).

بیل بری ها (*Vaccinium myrtillus*): بیل بری ها^{۸۷} دارای بیشترین میزان آنتوسیانین در میان میوه‌های ریز می‌باشند و نسبت سیانیدین-، دلفینیدین- و مالویدین- ۳- او- گلیکوزید در میوه آن‌ها ۱۳:۳۶:۳۰ هست. آنتوسیانوزیدهای میوه بیل بری دارای تمام انواع آنتوسیانین ها (سیانیدین، دلفینیدین، پئونیدین، پتونیدین، مالویدین) و قندهای ۳- او- آرابینوزیدها، ۳- او- گلوکوزیدها، ۳- او- گالاکتوزیدها هست. میوه تازه بیل بری دارای فلاوانول ها (۴۱ میلی گرم در کیلوگرم) نیز هست. عصاره حاوی آنتوسیانین تهیه شده از میوه بیل بری با نام VMA (*V. myrtillus anthocyanin*) به‌صورت تجاری نیز وجود دارد که حاوی مقدار زیادی گلیکوزیدهای دلفینیدین و سیانیدین هست. اثر مثبت مصرف بیل بری و عصاره بیل بری در غذاهای فراسودمند و مکمل‌های غذایی طراحی شده برای جلوگیری از بیماری‌های قلبی و عروقی و تنش‌های اکسیداسیونی گزارش شده است (Valentová et al. 2007). از گیاهان جنس وکسینیوم بومی ایران می‌توان به قره قاط (*Vaccinium arctostaphylos*) اشاره نمود که در جنگل‌های شمال کشور رویش می‌یابد و میوه آن حاوی گالیک اسید، آنتوسیانین و فعالیت آنتی‌اکسیدانی هست. وجود تنوع در ترکیبات فنلی قره قاط های جمع‌آوری شده از مناطق مختلف ایران نیز اهمیت بررسی ترکیبات آنتی‌اکسیدانی در این گونه را نشان می‌دهد (سپهری فر و حسنلو، ۱۳۸۸).

سیاه توت‌های رونده: در میوه سیاه توت‌های رونده وجود پنج نوع آنتوسیانین شامل سیانیدین ۳- گلوکوزید (مهم‌ترین ترکیب آنتوسیانینی)، سیانیدین ۳- روتینوزید^{۸۸}، مالونیک اسید^{۸۹}، سیانیدین ۳- گلوکوزید استیل^{۹۰} و مشتقات زایلوز-سیانیدین^{۹۱} تشخیص داده شده است. وجود سیانیدین ۳- دیوکسی آلیل- گلوکوزید به‌عنوان یک آنتوسیانین جدید از سیاه توت رونده همیشه سبز تشخیص داده شده است. ترکیبات فنلی شامل گالیک اسید، کافئیک اسید، فرولیک اسید، پی-کوماریک و الاجیک اسید در میوه سیاه توت رونده تشخیص داده شده است و الاجیک اسید مهم‌ترین ترکیب فنلی موجود در میوه سیاه توت رونده هست. پیشنهاد گردیده است آنتوسیانین‌ها (به‌خصوص سیانیدین ۳- گلوکوزید) در بروز خاصیت آنتی‌اکسیدانی میوه سیاه

87. Bilberries

88. Cyanidin 3-rutinoside

89. Malonic acid

90. Acylated Cyanidin 3-glucoside

91. Xylose-cyanidin

توت رونده و توقف اکسیداسیون درون سلولی و شیمیایی ناشی از رادیکال‌های پروکسیل مؤثر هست (Elisia et al., 2007). متوسط میزان اسیدآسکوربیک در میوه سیاه توت تازه ۲۱ میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم هست (USDA, 2014).

انگور فرنگی سیاه (*Ribes nigrum*): انگور فرنگی سیاه برای تهیه آب‌میوه کشت می‌شود و به دلیل مقادیر فراوان آنتی‌اکسیدان‌ها دارای اثرات مفیدی بر سلامتی است. انگور فرنگی سیاه به دلیل تأثیر در جلوگیری از بیماری‌های مختلف به‌خصوص بیماری‌های قلبی و عروقی و دارا بودن خاصیت ضد میکروبی در گروه میوه‌های فوق‌العاده^{۹۲} قرار دارد. تعیین ظرفیت آنتی‌اکسیدانی با استفاده از آزمون FRAP نشان داد میوه انگور فرنگی سیاه دارای بیشترین ظرفیت آنتی‌اکسیدانی بود و پس از آن میوه‌های بلوبری، تمشک، انگور فرنگی قرمز قرار داشتند و کمترین میزان ظرفیت آنتی‌اکسیدانی در میوه کرن بری وجود داشت. میوه انگور فرنگی سیاه منبع غنی از ترکیبات فنلی مانند آنتوسیانین‌ها، فلاونوئیدها، فنولیک اسیدها و پروآنتوسیانیدین‌ها هست. برخلاف سایر میوه‌های ریز، مهم‌ترین فلاونوئیدهای موجود در میوه انگور فرنگی سیاه شامل میریستین^{۹۳}، کوئرستین و کامپفرول می‌باشد. بذرهاى انگور فرنگی سیاه منبع غنی از آنتی‌اکسیدان‌هایی مانند کافئیک اسید، فرولیک اسید، پی-کومارین، گالیک اسید، پروتوکاتکویک^{۹۴} و پی‌هیدرو کسی بنزوئیک اسیدها^{۹۵} هست. در مقایسه با سایر میوه‌ها، میوه‌های ریز منبع غنی از هیدرو کسی بنزوئیک اسیدها و هیدرو کسی سینامیک اسیدهای آزاد و استری‌شده هستند و در میان میوه‌های ریز، انگور فرنگی بیشترین میزان این ترکیبات را دارد (Shahidi and Ambigaipalan, 2015).

بلوبری‌ها: بر اساس نتایج مطالعات متعدد مشخص شده است بلوبری‌ها دارای فعالیت آنتی‌اکسیدانی بیشتری نسبت به سایر میوه‌ها می‌باشند و ظرفیت آنتی‌اکسیدانی بالای میوه‌های بلوبری با وجود مقادیر زیاد آنتوسیانین‌ها و میزان فنل کل میوه ارتباط دارد. تقریباً بیشترین میزان آنتوسیانین‌های بلوبری در پوست میوه قرار دارد، همچنین ترکیبات فنلی و سایر ترکیبات آنتی‌اکسیدانی نیز بیشتر در پوست میوه وجود دارند. وجود ۱۵ نوع آنتوسیانین در میوه بلوبری تشخیص داده شده است که بسیاری از آن‌ها دارای خاصیت آنتی‌اکسیدانی قوی می‌باشند. اثر ضد میکروبی ترکیبات فنولی موجود در میوه بلوبری نیز مورد تأیید قرار گرفته است.

کرن بری: در مقایسه با سایر میوه‌های رایج، کرن بری‌ها^{۹۶} دارای بیشترین میزان ترکیبات فنولی با خاصیت آنتی‌اکسیدانی است و اولین مورد تأیید شده استفاده از میوه برای درمان عفونت ادراری هست. ترکیبات فنلی موجود در میوه و آب‌میوه کرن بری، منبع خوبی از آنتی‌اکسیدان‌هایی هستند که را در برابر تنش اکسیداسیونی محافظت می‌نمایند. میوه کرن بری حاوی اسیدهای فنولی ساده، فلاونوئیدهایی همچون آنتوسیانین‌ها، پروآنتوسیانیدین‌ها و فلاونول‌ها هست. آنتوسیانین‌های میوه کرن

92 . Super fruits

93 . Myricetin

94 . Protocatechuic

95 . p-hydroxybenzoic acids

96 . Cranberries

بری به میزان زیادی شامل سیانیدین‌ها و پئونیدین‌های متصل به گالاکتوزید و آرابینوز است. بخش کوچکی از کل فلاونول‌های موجود در میوه کرن بری یا آب‌میوه کرن بری به صورت آگلیکون‌ها (مانند میریستین‌آزاد، کوئرستین و کامپفرول) وجود دارند. سیناپیک اسید، کافیک اسید و پی-کوماریک اسید مهم‌ترین ترکیبات فنلی باند شده و پی-کوماریک، وانیلیک اسید و ۲-۴، دی‌هیدروکسی بنزوئیک اسید مهم‌ترین اسیدهای فنولی آزاد در میوه کرن بری می‌باشند.

تمشک: تمشک‌ها انواع مختلفی دارند و بیشتر بر اساس رنگ میوه متمایز می‌شوند. تمشک سیاه و تمشک قرمز دو نوع مهم تمشک هستند که دارای مقدار زیادی ترکیبات فنلی هستند و میزان فنول کل آن‌ها بیشتر از میزان فنل کل میوه‌های دارای رنگ روشن‌تر و سبزی‌ها هستند. فعالیت آنتی‌اکسیدانی میوه تمشک به‌طور مستقیم با میزان کل فنل‌ها و فلاونوئیدهای آن ارتباط دارد. میوه‌های تمشک حاوی پروپیل فیتوشیمیایی منحصر به فرد غنی از تانن‌های قابل‌هیدرولیز (الاجی تانن‌ها) و آنتوسیانین‌ها (بیشتر سیانیدین گلیکوزیدها) است که آن‌ها را از سایر میوه‌های ریز متمایز می‌سازد. سیانیدین-۳-سوفوروسید^{۹۷} مهم‌ترین آنتوسیانین موجود در میوه تمشک است و به میزان کمتری سایر آنتوسیانین‌ها از جمله سیانیدین-۳-گلیکوزید، سیانیدین-۳-روتینوزید، پلارگونیدین-۳-سوفوروزید و پلارگونیدین-۳-گلوکوزید وجود دارند. دو الاجی تانن عمده موجود در میوه تمشک شامل سانگوین-اچ-۹۸۶ و لامبرتین-سی^{۹۹} هست (Liu et al. 2002).

کیوی فروت: کاروتنوئیدهای شناسایی شده در میوه کیوی فروت عموماً در بافت‌های حاوی کلروفیل میوه و به فرم استری نشده و شامل بتاکاروتن، لوتین، ویولزانترین^{۱۰۰}، و ۹-سیس-نئوزانتین^{۱۰۱} می‌باشند و بتاکاروتن دارای بیشترین مقدار در میان انواع کاروتنوئیدها است. گوشت میوه کیوی فروت رقم 'Hort16A' که در زمان بلوغ رنگ گوشت آن زرد است دارای میزان بیشتری کاروتنوئیدها است و نوع کاروتنوئیدهای آن نیز تفاوت دارد. زرد بودن گوشت رقم به میزان زیادی به دلیل عدم وجود کلروفیل در بافت گوشت میوه این رقم است. در مورد میزان ترکیبات پلی‌فنلی میوه کیوی فروت مطالعات کمتری نسبت به سایر میوه‌های ریز انجام شده است ولی گزارش گردیده است میزان ترکیبات فنلی در میوه کیوی فروت کمتر از سایر میوه‌ها است. غلظت کل ترکیبات فنلی در میوه کیوی فروت ۶۱/۲۱ میلی‌گرم گالیک اسید در ۱۰۰ گرم گزارش شده است که حدود یک‌ششم ترکیبات فنولی میوه آلو و یک‌چهارم ترکیبات فنلی میوه توت‌فرنگی است. چنین میزان فلاونوئیدهای میوه کیوی فروت ۷/۳ میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم وزن تر گزارش شده است که تقریباً یک بیست و ششم فلاونوئیدهای میوه آلو و یک‌هفتم این ترکیبات در میوه توت‌فرنگی است (Chun et al., 2005). این موضوع برای فرآوری میوه کیوی فروت یک مزیت محسوب می‌شود زیرا پایین بودن میزان ترکیبات پلی‌فنلی همراه با اسیدیته کم، امکان قهوه‌ای شدن پس از برش و له شدن گوشت میوه

97 . Cyanidin-3-sophoroside

98 . Sanguin H-6

99 . Lambertianin C

100 .. Violaxanthin

101 . 9'cis-neoxanthin

را کاهش می‌دهد. معمولاً ارقام تجاری کیوی فروت فاقد ترکیبات آنتوسیانینی هستند ولی یک نوع کیوی فروت از گونه *Actinidia chinensis* معرفی شده است که دارای آنتوسیانین در گوشت میوه خود (حدود ۱۴ میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم) است (Montefiori et al., 2005). میوه کیوی ویتامین ث بالایی دارد و مصرف یک تا دو میوه کیوی در روز می‌تواند نیاز روزانه به ویتامین ث را برطرف سازد. بر اساس گزارش USDA میزان ویتامین ث در نمونه تازه کیوی به‌طور متوسط ۹۲/۷ میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم بخش خوراکی هست. ویتامین ث کیوی بیشتر از توت‌فرنگی، پرتقال، گریپ‌فروت، طالبی و گوجه‌فرنگی هست (USDA, 2014).

میوه کاکتوس: فلاونوئیدها گروه مهمی از ترکیبات آنتی‌اکسیدانی شناسایی شده در گیاهان خانواده کاکتوس (Cactaceae) هست و میزان آن‌ها در میوه کاکتوس‌ها بسته به رقم، نوع بافت و مرحله بلوغ میوه تفاوت دارد. برخی از ترکیبات فلاونوئیدی میوه گیاهان خانواده کاکتوس شامل فلاونول ۳- او - گلیکوزیدها (کوئرستین، کامپفرول، ایزورامنتین)، دی هیدروفلانول ها، فلاونون ها و فلاوانونول ها هست. میوه کاکتوس اوپونتیا (*Opuntia cactus*) نمونه مناسبی از گیاهان خانواده کاکتوس برای بررسی آنتی‌اکسیدان‌ها از جمله فلاونوئیدها هست. پوست میوه کاکتوس گلابی (*Opuntia ficus-indica*) حاوی مقادیر زیادی آنتی‌اکسیدان‌ها بوده و ضایعات میوه کاکتوس شامل پوست و بذر می‌تواند منبع خوبی برای استخراج آنتی‌اکسیدان‌ها باشد. پوست میوه کاکتوس گلابی حاوی پلی فنل های غیرقابل استخراج^{۱۰۲} است که از جمله آنتی‌اکسیدان‌های ماکرو مولکولی^{۱۰۳} محسوب می‌شوند. خاصیت آنتی‌اکسیدانی میوه کاکتوس می‌تواند تا دو برابر بیشتر از میوه‌های سیب، موز، انگور سفید باشد و با خاصیت آنتی‌اکسیدانی میوه‌های انگور قرمز، گریپ‌فروت و پرتقال مقایسه شود. میوه کاکتوس منبع خوبی از ویتامین ث (به‌طور متوسط ۴۷/۷ میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم)، ویتامین E و توکوفرول ها است که میزان آن‌ها بسته به رقم متفاوت است (De Wit et al., 2020; Stintzing et al., 2005).

میوه‌های گرمسیری

میزان آنتی‌اکسیدان‌ها در میوه‌های گرمسیری مانند گواوا^{۱۰۴}، خربزه درختی^{۱۰۵} و استار فروت^{۱۰۶} بیشتر از میوه‌ای همچون پرتقال (به‌عنوان یک میوه شاهد) است. موز، استار فروت، واتر اپل^{۱۰۷}، لانگسات^{۱۰۸} و خربزه درختی نسبت به پرتقال میزان کمتری آنتی‌اکسیدان‌های اولیه دارند ولی دارای ظرفیت آنتی‌اکسیدانی ثانویه قوی هستند (Lim et al. 2007).

102 . Non-extractable polyphenols

103 . Macromolecular antioxidants

104 . Guava

105 . Papaya

106 . Star fruit

107 . Water apple

108 . Langsat

مرکبات

وجود بیش از ۱۷۰ نوع آنتی‌اکسیدان از میوه مرکبات گزارش شده است که مهم‌ترین آن‌ها شامل ویتامین‌ها، ترکیبات فنولی، ترپنوئیدها می‌باشد. مهم‌ترین ترکیبات فنلی میوه مرکبات شامل مشتقات سینامیک اسید، کومارین‌ها و فلاونوئیدها است. سه نوع مهم ترکیبات فلاونوئیدی موجود در مرکبات شامل فلاونون‌ها، فلاون‌ها و فلاونول‌ها هستند. فنولیک اسیدها در پوست رنگی میوه مرکبات^{۱۰۹} به فرم استرها، آمیدها و گلیکوزیدها وجود دارند. به دلیل تنوع گونه‌ها، دوره‌های بین‌گونه‌ای و ارقام مرکبات، نوع و میزان ترکیبات فنولی موجود در مرکبات نیز تفاوت‌های قابل‌ملاحظه‌ای را نشان می‌دهند. نارینجین، نارینجین-۷، نئوهسپیریید^{۱۱۰}، ناریروتین^{۱۱۱} و نارینجین-۷ روتینوزید^{۱۱۲} در گریپ‌فروت تشخیص داده شده است، در حالیکه ناریروتین و هسپریدین، هسپریدین-۷ روتینوزید^{۱۱۳} در پرتقال، نئوهسپریدین^{۱۱۴} و هسپریدین-۷ نئوهسپیریید^{۱۱۵} در نارنج شناسایی شده است. ولی در پرتقال ناول (نافی) و پرتقال خونی هسپریدین، ناریروتین و دیدیمین^{۱۱۶} فلاونون گلیکوزیدهای غالب هستند. پلی متوکسی فلاون‌ها^{۱۱۷} و پلی متوکسی فلاون‌های هیدروکسیله شده ترکیبات فنولی منحصربه‌فرد هستند که در جنس مرکبات و بخصوص در پوست میوه مرکبات وجود دارند. همچنین تانجرتین^{۱۱۸} و نوبیلتین^{۱۱۹} از فراوان‌ترین پلی متوکسی فلاون‌های موجود در پوست میوه مرکبات هستند. یکی از موارد جالب در مورد میوه مرکبات، وجود ترکیبات آنتوسیانینی در برخی از انواع خاص مرکبات است. سیانیدین-۳-گلیکوزید، سیانیدین-۳- (۶-مالونیل)-گلیکوزید^{۱۲۰} و سیانیدین-۳-رامنوزید^{۱۲۱} مهم‌ترین ترکیبات آنتوسیانینی در پرتقال‌های خونی ایتالیایی می‌باشند (Shahidi and Ambigaipalan, 2015). پس از چای که به‌عنوان مهم‌ترین منبع غذایی دریافت پلی فنل‌ها در جیره غذایی معرفی شده است (۱۵۷ میلی‌گرم)، آب‌میوه مرکبات و میوه تازه مرکبات (به ترتیب ۸ و ۳ میلی‌گرم در روز) مهم‌ترین منابع میوه برای تأمین ترکیبات فنلی در جیره غذایی انسان می‌باشند (Chun et al. 2005). شش ویتامین در میوه مرکبات وجود دارد که در میان آن‌ها ویتامین A، ویتامین ث و ویتامین E به مقدار بیشتری وجود دارد. میزان ویتامین A در پرتقال و تانجرتین (*Citrus reticulata*) به ترتیب ۰/۲۷ و ۲/۷۷ میلی‌گرم در کیلوگرم هست. ویتامین A می‌تواند با رادیکال‌های آزاد اکسیژن بخصوص اکسیژن منفرد و رادیکال پروکسیل واکنش داده و از

109 . Flavedo

110 . Naringenin 7-neohesperidoside

111 . Narirutin

112 . Naringenin 7-rutinoside

113 . Hesperetin 7-rutinoside

114 . Neohesperidin

115 . Hesperetin 7-neohesperidoside

116 . Didymin: Isosakuranetin 7-rutinoside

117 . Polymethoxyflavones

118 . Tangeretin

119 . Nobiletin

120 . Cyanidin-3-(6"-malonyl)-glycoside

121 . Cyanidin 3-rhamnoside

طریق خنثی‌سازی رادیکال‌های آزاد، خاصیت آنتی‌اکسیدانی خود را نشان دهد. میزان ویتامین ث در نارنگی ساتسوما، پوملو^{۱۲۲}، پرتقال نافی و تانجرین به ترتیب ۳۰، ۴۰، ۶۰ و ۳۰ میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم است. ویتامین E بیشتر در پوست و بذر میوه‌های مرکبات وجود دارد و در میوه‌های پرتقال، تانجرین و لمون به ترتیب ۵/۶، ۴/۵، ۱۱/۴ میلی‌گرم در کیلوگرم می‌رسد. میزان سلنیوم به‌عنوان یک عنصر معدنی دارای ظرفیت آنتی‌اکسیدانی در میوه پرتقال، تانجرین و لمون به ترتیب ۰/۳۱، ۰/۴۵ و ۰/۵۰ میکروگرم در گرم گزارش گردیده است (Zou et al. 2015).

میوه‌های نیمه گرمسیری

زیتون: برخلاف بسیاری از میوه‌های رایج، میوه زیتون به‌صورت تازه خوری مصرف نمی‌شود و بیشترین مصرف میوه زیتون در جهان برای تولید روغن و تهیه انواع زیتون‌های فرآوری شده (زیتون کنسروی) می‌باشد. روتین^{۱۲۳} و لوتئولین^۷-گلوکوزید^{۱۲۴} دو ترکیب فلاونوئیدی مهم در میوه زیتون هستند. میوه زیتون سبز یکی از میوه‌های غنی از هیدروسینامیک اسیدها است و ۸۳ میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم سیناپیک اسید^{۱۲۵} دارد. روغن زیتون حاوی مقدار زیادی آنتی‌اکسیدان‌های طبیعی مانند توکوفرول‌ها، کاروتنوئیدها، استرول‌ها و ترکیبات فنولی هست. اسکویریدویس^{۱۲۶}، اولئوروپین^{۱۲۷}، دمتیلول یروپین^{۱۲۸}، لیگستروزید^{۱۲۹} و ورباسکوزید^{۱۳۰} مهم‌ترین ترکیبات فنلی در میوه زیتون هستند. اولئوروپین مهم‌ترین ترکیب فنولی در میوه زیتون است و میزان آن تا ۱۴ درصد وزن خشک می‌رسد درحالی‌که هیدروکسی تیروسول^{۱۳۱} مهم‌ترین ترکیب فنلی موجود در روغن زیتون است. روغن یکی از فرآورده‌هایی است که با روش‌های مختلف از میوه زیتون استخراج می‌شود و به نظر می‌رسد نحوه روغن‌گیری و کیفیت روغن روی میزان ترکیبات فنلی و همچنین ظرفیت آنتی‌اکسیدانی روغن و تفاله روغن‌گیری نیز اثر دارد. در روغن زیتون فرا بکر^{۱۳۲}، او - دی هیدروکسی فنولیک‌ها و در روغن زیتون بکر^{۱۳۳} و تفاله روغن ماده هیدروکسی تیروسول یکی از مهم‌ترین ترکیبات فنلی با ظرفیت آنتی‌اکسیدانی قوی هستند (Shahidi and Ambigaipalan, 2015). تحقیقات در زمینه شناسایی ترکیبات فنلی جدید از روغن‌های زیتون وجود دارد. به‌عنوان نمونه در روغن فرا بکر تازه، فرم دی آلدئیدی ماده داستواکسی-لیگستروزید آگلیکون^{۱۳۴} تشخیص داده شده است که اولئوکانتال^{۱۳۵} نام‌گذاری شده و یکی از ترکیبات مهم دخالت‌کننده در

122 . Pomelo

123 . Rutin

124 . Luteolin 7-glucoiside

125 . Sinapic acid

126 . Secoiridoids

127 . Oleuropein

128 . Demethyloleuropein

129 . Ligstroside

130 . Verbascoside

131 . Hydroxytyrosol

132 . Extra- virgin

133 . Virgin oil

134 . Deacetoxy-ligstroside aglycone

135 . Oleocanthal

ایجاد طعم تلخ در روغن‌زیتون است (Beuchamp *et al.* 2005). تفاوت در میزان کلروفیل و کاروتنوئیدها، و ترکیبات فنلی مانند اسید سینامیک، و اسید وانیلیک و تیروزول در ارقام زیتون (Hashempour *et al.*, 2010) نشان‌دهنده اهمیت تأثیر عوامل ژنتیکی در تغییر میزان ترکیبات آنتی‌اکسیدانی در میوه زیتون است. در کشورهای ناحیه مدیترانه، مهم‌ترین منبع دریافت ترکیبات فنلی از طریق قهوه و میوه‌ها به‌خصوص میوه زیتون و روغن‌زیتون هست. به‌عنوان نمونه، عامل مهم تفاوت جیره غذایی مردم اسپانیا با سایر مردم جهان، مصرف زیاد میوه و روغن‌زیتون است (Rimbau *et al.*, 2013).

انار: میوه انار منبع غنی از تانن‌های قابل‌هیدرولیز و آنتوسیانین‌ها هست. هم‌چنین الاجی تانن‌ها، گالوتانن‌ها، فلاونوئیدهای بی‌رنگ، لیگنان‌ها برخی از ترکیبات فنلی در میوه انار می‌باشند. برخی از مهم‌ترین آنتوسیانین‌ها شامل سیانیدین-۳-گلوکوزید، دلفینیدین-۳-گلوکوزید، سیانیدین-۳، ۵-دی‌گلوکوزید، دلفینیدین-۳، ۵-دی‌گلوکوزید، و پلارگونیدین-۳-گلوکوزید در آب‌میوه انار شناسایی شده است. تانن‌های قابل‌هیدرولیز مهم‌ترین ترکیبات فنلی و آنتی‌اکسیدانی موجود در میوه انار هستند و شامل گالوتانن‌ها، الاجی تانن‌ها و گالاجیل استرهای بی‌مانند پونیکالاجین^{۱۳۶} و پونیکالین^{۱۳۷} هستند (Fischer *et al.* 2011).

نات‌ها (خشک میوه‌ها)

خشک میوه‌ها یا نات‌ها (Nuts) گروهی از محصولات کشاورزی هستند که مغز خوراکی آن‌ها توسط درون‌بر یا پوسته سخت احاطه شده است. علاوه بر درختان میوه مانند بادام، گردو، فندق، پسته، پکان (گردو آمریکایی) و بادام‌هندی، میوه برخی گیاهان زراعی مانند آفتابگردان و بادام‌زمینی و یا درختان زینتی مانند کاج نیز به دلیل ساختار میوه در گروه خشک میوه‌ها قرار می‌گیرند. مغز خشک میوه‌ها دارای پروتئین، اسیدهای چرب غیراشباع، فیبر، استرول‌های گیاهی، عناصر کم‌مصرف و آنتی‌اکسیدان‌هایی مانند توکوفرول‌ها می‌باشند. آلفا-توکوفرول مهم‌ترین توکوفرول موجود در بادام، بادام‌زمینی، فندق و ماکادامیا^{۱۳۸} می‌باشد. هم‌چنین وجود بتا-توکوفرول^{۱۳۹} و گاما-توکوفرول^{۱۴۰} در هفت نوع خشک میوه تشخیص داده شده است و مشخص گردیده بیشترین میزان توکوفرول‌ها به ترتیب در خشک میوه پسته، گردو، پکان، برزیل نات، بذر کاج، بادام زمینی و بادام‌هندی وجود دارد (Yang *et al.* 2009). بادام‌هندی و بذر کاج دارای کمترین میزان آنتی‌اکسیدان‌ها در میان خشک میوه‌ها می‌باشند.

ترکیبات بیوشیمیایی فعال مختلف به‌خصوص ترکیبات فنولی در نات‌ها به‌عنوان مهم‌ترین ترکیب زیستی فعال موجود در خشک میوه‌ها معرفی شده‌اند که روی سلامتی مصرف‌کنندگان اثرات سودمند دارد. گردو، پسته، بادام‌زمینی و پکان دارای بیشترین میزان ترکیبات فنولی و فلاونوئیدی در میان انواع خشک میوه‌ها هستند (شکل ۲). در خشک میوه‌ها ترکیبات فنولی (تانن‌ها، الاجیک اسید و کورکومین)، ترکیبات فلاونوئیدی (لوتولین، کوئرستین، میرستین، کامپفرول و سوراترول)، ایزوفلاونوئیدها

136 . Punicalagin

137 . Punicalin

138 . Macadamia

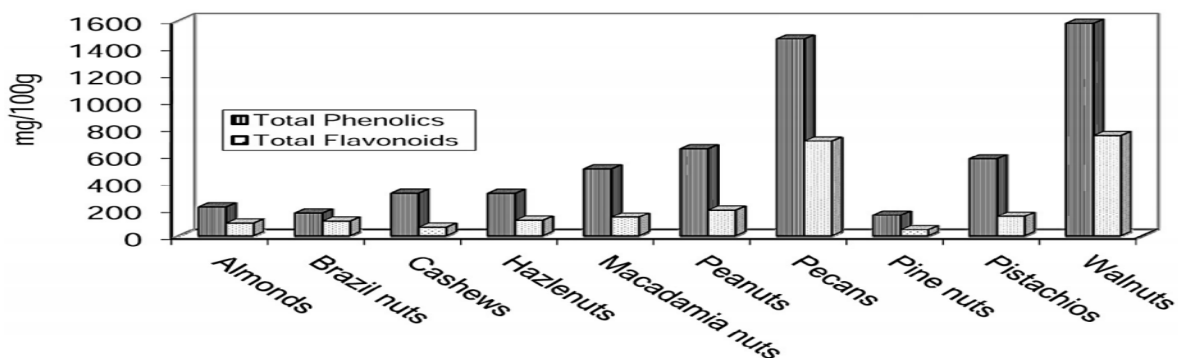
139 . β -tocopherols

140 . γ -tocopherols

(جنیستین و دیادزین)، ترپن‌ها، ترکیبات ارگانوسولفور^{۱۴۱} و ویتامین E وجود دارد. میوه‌های تازه، ویتامین E کمتری نسبت به اسید اسکوربیک و بتاکاروتن دارند ولی روغن استخراج‌شده از خشک میوه‌ها دارای مقدار قابل توجهی ویتامین E است (Ocke, 1996).

بادام: بذر بادام، پوسته قهوه‌ای روی مغز بادام و پوسته سبز رویی بادام دارای ترکیبات با خاصیت پاک‌سازی رادیکال‌های آزاد هستند. این فعالیت‌ها می‌تواند ناشی از وجود فلاونوئیدها و سایر ترکیبات فنلی در بادام باشد. بیشترین ترکیبات رادیکال‌های آزاد در بخش‌های مختلف بادام به ترتیب در پوست قهوه‌ای بذر، پوست سبز روی میوه و بذر وجود دارند. پوست سبز روی میوه^{۱۴۲} منبع غنی از تری‌ترپن‌وئیدها، بتولینیک اسید، یوروسولیک اسید و اولئانولیک اسید، همچنین فلاونول گلیکوزیدها و فنولیک اسیدها هست. در ایران مصرف بادام نارس (چغاله بادام) رایج هست ولی در مورد ارزش غذایی یا ترکیبات بیوشیمیایی چغاله بادام گزارشی منتشر نشده است. نتایج یک بررسی نشان داد عصاره پوست سبز بادام حاوی مقدار زیاد فنولیک اسید هست و می‌تواند منبع مهمی برای ترکیبات فنلی باشد (Wijeratne *et al.*, 2006). وجود خاصیت آنتی‌اکسیدانی قوی در عصاره متانولی پوست سبز و پوسته بذر بادام نیز گزارش شده است (Sfahlan *et al.*, 2006).

فندق: وجود گالیک اسید، وانیلیک اسید، کافئیک اسید و فرولیک اسید در عصاره میوه فندق گزارش شده است. همچنین مشخص شده پی - کوماریک اسید مهم‌ترین ترکیب فنلی در مغز فندق، پوشش سبز میوه و برگ درخت و گالیک اسید فراوان‌ترین ماده در پوسته مغز و پوسته سخت فندق هست. همچنین فندق حاوی یک آنتوسیانیدین (سیانیدین) و چهار ترکیب از گروه فلاوان-۳- ال‌ها هست. سیانیدین فراوان‌ترین ماده فلاونوئیدی در میوه فندق است ولی وجود فلاونون‌ها و فلانول‌ها در میوه فندق تشخیص داده نشده است. فندق حاوی بیشترین میزان تانن‌های متراکم شده در مقایسه با خشک میوه‌های بادام، بادام‌هندی، شاه‌بلوط، پکان، پسته و گردو هست (Shahidi and Ambigaipalan, 2015).



شکل ۲: مقایسه ترکیبات فنولی و خشک میوه‌ها در برخی خشک میوه‌ها (Yang *et al.*, 2009).

141 . Organosulfur

142 . Hull

گردو: مهم‌ترین ترکیبات فنولی در گردو شامل تانن‌های متراکم شده و فنولیک اسیدها هست. بیشترین مقدار ترکیبات فنولی گردو در پوست روی مغز وجود دارد. الاجی تانن‌ها فراوان‌ترین ترکیب فنولی در گردو هستند. برگ‌های گردو نیز دارای مقدار قابل توجهی ترکیبات آنتی‌اکسیدانی مؤثر بر سلامتی می‌باشند و در طب سنتی برای درمان التهابات پوستی، اسهال و هم‌چنین به‌عنوان ضد عفونی‌کننده مورد استفاده قرار می‌گیرند. میزان ترکیبات فنولی برگ ارقام مختلف گردو نیز تفاوت‌های فراوانی دارند. گردو منبع غنی از سیرینجیک اسید^{۱۴۳} (۵۷/۴۵ میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم) است (Zhang et al., 2009).

پسته: مغز پسته یکی از ۵۰ ماده غذایی برتر دارای بیشترین ظرفیت آنتی‌اکسیدانی است. برخی از مهم‌ترین ترکیبات فیتوشیمیایی میوه پسته شامل اسیدهای چرب، فیتواسترول‌ها، لوتین، رسوراترول و آنتوسیانین‌ها هست. وجود ترانس-رسوراترول^{۱۴۴}، پروآنتوسیانیدین‌ها در عصاره بخش خوراکی مغز پسته اهلی (*P. vera*) و ایزوفلاون‌های دایدزین و جنیستین (به ترتیب ۳/۶۸ و ۳/۴ میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم بخش خوراکی مغز) گزارش شده است. مهم‌ترین آنتوسیانین‌های پوست مغز پسته شامل سیانیدین-۳-گالاکتوزید (۶۹۶ میکروگرم در گرم) و سیانیدین-۳-گلوکوزید (۲۰۹ میکروگرم در گرم) هست (Gentile et al. 2007).

ماکادامیا: ماکادامیا یک خشک میوه جدید هست که گونه‌های مختلفی از آن کشت می‌شود. یکی از دلایل توجه به میوه ماکادامیا، اثر مثبت ترکیبات موجود در مغز ماکادامیا بر کاهش کلسترول خون هست. مغز ماکادامیا محتوی توکوفرول‌ها، توکوترینول‌ها^{۱۴۵} و اسکوالن^{۱۴۶} است و در مقایسه با بادام و پکان (گردوی آمریکایی) میزان آلفا-توکوفرول و گاما-توکوفرول^{۱۴۷} کمتری دارد. البته بین گونه‌های ماکادامیا از این نظر تفاوت وجود دارد. در مغز (کرنل) ماکادامیای بومی استرالیا، غلظت بالای آلفا-توکوفرول تشخیص داده شده است (Quinn et al., 1996).

میوه کاج: بذر گونه *Pinus sibirica* تحت عنوان میوه کاج شناخته می‌شود که یک گیاه دارویی و یک خشک میوه است. مهم‌ترین ترکیبات موجود در بذر کاج شامل اریودیکتیول^{۱۴۸} و تاگزیفولین^{۱۴۹} هست (به ترتیب ۳۸۳+۱ و ۳/۱+۱۷۲ میلی‌گرم در ۱۰۰ گرم) و کمترین ترکیبات موجود شامل ترانس سینامیک (۱۲/۲+۱/۲ میلی‌گرم در گرم) و m-کوماریک اسید (به میزان جزئی) هست. سایر ترکیبات موجود در بذر کاج شامل پروآنتوسیانیدین‌ها، بنزوئیک اسیدهای هیدروکسیله (پروتوکاتیکوئیک اسید، سیرینجیک اسید، وانیلیک اسید) و مشتقات سینامیک اسید مانند m-کوماریک و (E)-سینامیک اسید، فلاونون‌ها (تاکسیفول، اریودیکتیول و نارینجین) هست (Lantto et al., 2009).

143 . Syringic acid

144 . *trans-resveratrol*

145 . Tocotrienols

146 . Squalene

147 . δ -tocopherol

148 . Eriodictyol

149 . Taxifolin

بذر کاج چلغوزه (*Pinus gerardiana*) در منطقه پراکنش طبیعی (کوهستان‌های شرق افغانستان) و در ایران به‌خصوص شرق کشور میوه شناخته شده است. بذر چلغوز دارای ۵۱/۳ درصد چربی است ولی در زمینه ترکیبات فنولی و آنتی‌اکسیدان‌های آن گزارشی وجود ندارد.

جدول ۲: برخی از مهم‌ترین ترکیبات آنتی‌اکسیدانی در میوه‌ها

| میوه | مواد مؤثره (زده) | مواد مؤثره (زیرده) | آنتی‌اکسیدان‌ها | |
|-----------------------|----------------------|-------------------------|---|--|
| سیب | تری‌ترپن‌نوئیدها | استرول‌ها | کامپسترول، بتا-سیستوسترول | |
| | فلاونوئیدها | آنتوسیانین‌ها | سیانیدین، دلفینیدین | |
| | | فلاوانول‌ها | کاتکین | |
| | | فلاونول‌ها | کوئرستین، کائمفرول | |
| | | دی‌هیدروکالکون‌ها | فلورنتین | |
| زردآلو | اسیدهای فنولی | هیدروکسی‌سینامیک اسیدها | فرولیک اسید، کلروژنیک اسید | |
| | تترا‌ترپن‌نوئیدها | کاروتنوئید‌ها | آلفا کاروتن، بتا کاروتن، لیکوپن | |
| | فلاونوئیدها | فلاونول‌ها | کوئرستین، کائمفرول | |
| | | دی‌هیدروکالکون‌ها | فلورنتین | |
| | | آنتوسیانین‌ها | سیانیدین | |
| گیلاس، آلبالو و آلوها | فلاونوئید‌ها | ایزوفلاونوئیدها | جنیستین | |
| | تری‌ترپن‌نوئید‌ها | استرول‌ها | کامپسترول | |
| موز | اسیدهای فنولی | هیدروکسی‌بنزوئیک اسیدها | گالیک اسید | |
| | فلاونوئید‌ها | فلاوانول‌ها | کاتکین، اپی کاتکین، اپی گالوکاتکین | |
| | | فلاونول‌ها | میریسیتین | |
| | لیگنان‌ها | | پینورزینول | |
| | مونوترپن‌نوئید‌ها | | لیمونن، نومیلین | |
| مرکیبات | تترا‌ترپن‌نوئید‌ها | کاروتنوئیدها | آلفا کاروتن، بتا کاروتن، لیکوپن، زانتوفیل‌ها، بتا کریبتوزاتین | |
| | فلاونوئید‌ها | فلاونون‌ها | اریبودیکتئول، هسپرتین، کریزین، نارینجین، لوتولین | |
| | | اسیدهای آلی | آلدونیک اسیدها | تارتاریک اسید، ویتامین ث |
| | خریزه درختی (پاپایا) | تترا‌ترپن‌نوئید‌ها | کاروتنوئیدها | آلفا کاروتن، بتا کاروتن، لیکوپن، زانتوفیل‌ها |
| | | اسیدهای آلی | آلدونیک اسیدها | ویتامین ث |
| انار | اسیدهای فنولی | هیدروکسی‌بنزوئیک اسیدها | گالیک اسید، الژیک اسید | |
| | تری‌ترپن‌نوئید‌ها | استرول‌ها | کامپسترول | |
| انگور | اسیدهای فنولی | هیدروکسی‌بنزوئیک اسیدها | گالیک اسید، پروتوکاتکولیک اسید | |
| | | هیدروکسی‌سینامیک اسیدها | فرولیک اسید، کلروژنیک اسید، کافنیک اسید | |
| | فلاونوئید‌ها | فلاوانول‌ها | کاتکین، اپی کاتکین، اپی گالوکاتکین | |
| | | فلاونول‌ها | کوئرستین، کائمفرول، میریسیتین | |
| انبه | تترا‌ترپن‌نوئید‌ها | کاروتنوئیدها | آلفا کاروتن، بتا کاروتن، لیکوپن، زانتوفیل‌ها، بتا کریبتوزاتین | |
| | آکالوئیدها | آکالوئیدهای دی‌ترین | تاکسول | |

تفاوت میزان آنتی‌اکسیدان‌ها در بخش‌های مختلف میوه‌ها

وجود تفاوت در میزان ترکیبات فنلی و سایر ترکیبات دارای خاصیت آنتی‌اکسیدانی در پوست، گوشت و بذر میوه‌های مختلف مورد بررسی قرار گرفته است. وجود مقدار زیاد ترکیبات آنتی‌اکسیدانی در پوست هلو (Layne and Bassi, 2008)، اهمیت بیشتر ترکیبات فنلی در بذر نسبت به پوست میوه در ارقام مختلف انگور (Curko et al. 2014)، تفاوت در میزان فنل کل در پوست و گوشت میوه انبه در طول دوره انبارمانی (Heidari et al., 2011; Dastjerdi et al., 2014) برخی از گزارش‌های موجود در این زمینه هستند. پوست میوه در ارقام انگور قرمز، منبع غنی از آنتوسیانین‌ها و در ارقام میوه با رنگ روشن، دارای

هیدروکسی سینامیک اسیدها، فلاوانولها، فلاونول گلیکوزیدها، پروسیانیدینها و استیلبنها هستند. فلاوانولها بیشترین ترکیبات فنلی موجود در بذرها هستند. فلاوان -۳- اولها (مانند کاتکینها و پروآنتوسیانیدینها) در پوست و در بذر وجود دارند (Yu and Ahmedna, 2013). پروآنتوسیانیدینهای بذر انگور بیشتر شامل پروسیانیدینهای گالولیتی و پروآنتوسیانیدینهای پوست میوه انگور حاوی پرودلفینیدینها هستند. بیشترین میزان تانن‌ها در پوست میوه انگور وجود دارد (Kennedy *et al.*, 2001). وجود استیلبن‌های از جمله پترواستیلبن^{۱۵۰} در برگ و میوه انگور گزارش شده است (Wang, 2016). پوست میوه بلوبری دارای مقدار زیادی سینامیک اسیدها و فلاونول گلیکوزیدها و مقدار کمی گالیک اسید و سیرینجیک اسید است در حالی که در گوشت تنها سینامیک اسید وجود دارد و کلروژنیک اسید مهم‌ترین ترکیب فنولی موجود در گوشت است. در بذر نیز سینامیک اسیدها و فلاونول گلیکوزیدها وجود دارند. در انار علاوه بر آب‌میوه، عصاره پوست و پودر هسته نیز خاصیت آنتی‌اکسیدانی دارند. علاوه بر میوه‌های تازه، میزان ترکیبات فنلی و آنتی‌اکسیدان‌های طبیعی در فرآورده‌های تهیه‌شده از میوه‌ها نیز مورد توجه محققان قرار گرفته است. در میان آب‌میوه‌ها و سبزی‌های تجاری، آب انگور، آب گوجه‌فرنگی، آب پرتقال و آب سیب دارای بیشترین فعالیت آنتی‌اکسیدانی هستند (Shahidi and Ambigaipalan, 2015). مقایسه میزان ترکیبات فنلی در فرآورده‌های مختلف تهیه‌شده از میوه کرن بری نشان داده است که بیشترین میزان فنل کل به ترتیب در میوه خشک، میوه منجمد، سس کرن بری و ژله کرن بری وجود دارد. پودر میوه کرن بری معمولاً به‌عنوان غذا مصرف نمی‌شود ولی بیشترین میزان انواع پلی فنل‌ها در پودر میوه کرن بری وجود دارد (Wilson *et al.*, 1999).

آنتی‌اکسیدان‌ها در ضایعات فرآوری میوه

در مراحل اولیه بسیاری از روش‌های فرآوری میوه‌ها، به‌خصوص در روش‌های قدیمی، میوه‌ها خرد یا له می‌شوند. در این حالت، تنها بخشی از ترکیبات فنلی موجود در میوه‌ها به آب یا عصاره تهیه‌شده انتقال می‌یابد و بخش جامد باقیمانده پس از تهیه آب که شامل بذرها، پوست میوه و بقایای گوشت است، به ضایعات و پسماندهایی تبدیل می‌شود. پوست میوه هلو بخش مهمی از ضایعات فرآوری هلو هستند. میزان ترکیبات فنلی در پوست ارقام مختلف هلو بین ۸۱/۱۸ تا ۸/۳۸ میلی‌گرم اسید گالیک در گرم وزن خشک پوست است که می‌تواند به‌عنوان منبع تهیه آنتی‌اکسیدان‌ها مورد استفاده قرار گیرد (Zhang, 2014). انگور یکی از مهم‌ترین میوه‌های تولیدشده در جهان است که در میان میوه‌ها، دارای بیشترین میزان ترکیبات پلی فنولی است. بیش از ۸۰ درصد میوه انگور تولیدی در جهان فرآوری می‌شود. با در نظر گرفتن این موضوع که حدود ۲۰ درصد وزن میوه انگور مورد استفاده در تهیه انگور، تبدیل به تفاله می‌شود و بیش از ۱۱-۱۰ درصد وزن خشک تفاله انگور به ترکیبات فنلی اختصاص دارد، اهمیت تفاله انگور به‌عنوان منبع استخراج ترکیبات آنتی‌اکسیدانی مشخص می‌شود (Kammerer *et al.*, 2004) ترکیبات

فنولی که در ضایعات انگور وجود دارند به فرم باند شده و غیر محلول هستند و شامل آنتوسیانین‌ها، کاتکین‌ها، پروسیانیدین‌ها، فلاونول گلیکوزیدها، فنولیک اسیدها و استینین‌ها می‌باشند (Yu and Ahmedna, 2013). ترکیبات آنتی‌اکسیدانی استخراج‌شده از تفاله انگور بر سلامتی انسان اثرات سودمندی دارند و تجاری‌سازی فروش ترکیبات استخراج‌شده از تفاله انگور به‌عنوان خوراک دارو یا زیست دارو^{۱۵۱} و یا مکمل غذایی^{۱۵۲} شروع شده است (Georgiev *et al.*, 2014). وجود فلاونول‌ها، فلاونول‌ها و پلی‌فنل‌های دارای فعالیت آنتی‌اکسیدانی در تفاله سیب (García *et al.*, 2009)، وجود مقدار زیاد پلی‌فنل‌ها در تفاله انار^{۱۵۳} پس از آب‌گیری میوه (Qu *et al.*, 2010) و وجود مقدار زیادی آنتی‌اکسیدان‌ها و فنول کل در ضایعات حاصل از فرآوری بلوبری‌ها (Lee and Wrolstad, 2004) نشان‌دهنده ظرفیت استفاده از ضایعات فرآوری میوه‌ها برای تولید رنگ‌های طبیعی و خوراک داروها هست. تفاله استخراج روغن از میوه‌هایی مانند نارگیل، نخل روغنی و زیتون نیز به دلیل حجم زیاد تولید نیز اهمیت دارند. ماده هیدروکسی تیروسول که ظرفیت آنتی‌اکسیدانی قوی دارد در تفاله حاصل از روغن‌گیری زیتون وجود دارد. وجود ترکیبات فنلی و خاصیت آنتی‌اکسیدانی در ضایعات حاصل از تولید و فرآوری میوه‌های خشک که بیشتر شامل پوسته سخت خشک میوه‌ها و پوست روی مغز (کرنل) نیز مورد توجه قرار گرفته است. در فندق، خاصیت آنتی‌اکسیدانی عصاره خام ضایعات بخش‌های مختلف میوه بخصوص پوست سخت میوه و پوست بذر و همچنین امکان تهیه آنتی‌اکسیدان‌هایی با قابلیت مصرف غذایی از پوست روی بذر که یکی از ضایعات فندق هست، پیشنهاد شده است.

عوامل مؤثر بر تغییرات آنتی‌اکسیدان‌ها در میوه‌ها

خصوصیات ژنتیکی و رقم

پژوهش‌های انجام‌شده در زمینه تفاوت در میزان آنتی‌اکسیدان‌های ۱۳ رقم هلو (Zhang, 2014)، ترکیبات فنلی و ظرفیت آنتی‌اکسیدانی در میوه برخی ارقام تجاری و ژنوتیپ‌های گیلاس (Hegedus *et al.*, 2013) و میوه آلبالو (Nazari *et al.*, 2019) بخشی از مواردی است که نشان‌دهنده اهمیت اثرات عوامل ژنتیکی بر میزان ترکیبات فنلی و سایر ترکیبات آنتی‌اکسیدانی است. در میوه‌های ریز نیز تفاوت در ترکیبات فنلی و سایر ترکیبات آنتی‌اکسیدانی گزارش شده است. وجود میزان کاتکین بیشتر در بلوبری‌های چشم‌خرگوشی^{۱۵۴} نسبت به بلوبری‌های پابلند^{۱۵۵} و وجود تفاوت در فعالیت آنتی‌اکسیدانی در میوه ارقام بلوبری نیز گزارش شده است (Hwang *et al.*, 2020). در تمشک، علاوه بر وجود تنوع رنگ در میوه انواع تمشک، نوع ترکیبات آنتوسیانین‌ها و ظرفیت آنتی‌اکسیدانی نیز تفاوت دارد. گزارش شده است باوجود اینکه در میوه‌های تمشک‌های سیاه آنتوسیانین بیشتری نسبت به تمشک‌های قرمز وجود دارد و نوع ترکیبات فنلی و سیانیدین‌ها در این دو نوع تمشک تفاوت دارد ولی در میان

¹⁵¹ . Nutraceuticals

¹⁵² . Dietary supplements

¹⁵³ . Pomegranate marc

¹⁵⁴ . Rabbit eye blueberries

¹⁵⁵ . High bush blueberries

انواع تمشک‌ها، تمشک قرمز (*Rubus idaeus*) دارای بیشترین ظرفیت آنتی‌اکسیدانی هست. این موضوع می‌تواند به کشاورزان در انتخاب ارقام باارزش آنتی‌اکسیدانی بالا جهت احداث باغ‌های جدید و هم‌چنین به‌نژادگران درختان میوه در انتخاب والدین برای برنامه‌های به‌نژادی مربوط به تولید ارقام جدید درختان میوه با در نظر گرفتن میزان زیاد آنتی‌اکسیدان‌ها در میوه مؤثر باشد.

اثر مرحله نمو میوه و زمان برداشت

میزان ترکیبات فنلی میوه‌ها با درجه بلوغ میوه و یا رسیدن ارتباط دارد و معمولاً با افزایش سن میوه، میزان ترکیبات فنلی افزایش می‌یابد (Proir *et al.*, 1998). بررسی ترکیبات پروآنتوسیانیدین در پوست میوه انگور رقم شیراز مشخص نمود تغییر در ترکیبات فنلی پوست میوه به مرحله نمو میوه بستگی دارد و میزان پلیمریزه شدن پروآنتوسیانیدین‌ها، میزان آنتوسیانین‌ها و میزان افزایش زیر واحدهای اپی‌گالوکاتکین با نمو میوه همبستگی دارد (Kennedy *et al.*, 2001). در میوه انار، اثر زمان برداشت (مرحله نمو میوه) بر تغییر میزان آنتوسیانین کل (Paimard *et al.*, 2014) و یا آنتوسیانین کل، فنل کل، اسیداسکوربیک (Fawole and Opara, 2013) گزارش شده است. هم‌چنین گزارش گردیده زمان برداشت میوه انار بر تغییر آنتوسیانین‌های آب‌میوه در طول دوره انبارمانی نیز تأثیر دارد (Paimard and Heidari, 2018)، این موضوع اهمیت انتخاب زمان مناسب برداشت میوه‌ها به‌منظور حفظ ترکیبات سودمند در طول دوره انبارمانی را نشان می‌دهد. نتایج بررسی فعالیت آنتی‌اکسیدانی در پنج رقم بلوبری که در دو مرحله بلوغ (رسیده و رسیده) برداشت شده بودند نشان داد میزان آنتوسیانین، فلاونوئیدها، فنل کل و فعالیت آنتی‌اکسیدانی در میوه‌های رسیده بیشتر از میوه‌های نرسیده است که نشان‌دهنده اهمیت اثر مرحله بلوغ در زمان برداشت بر ظرفیت آنتی‌اکسیدانی میوه بلوبری هست (Hwang *et al.*, 2020).

به‌نژادی میوه‌ها در مورد آنتی‌اکسیدان‌ها

ارقام جدید درختان میوه که حاوی مقدار بیشتری از ترکیبات سودمند (مانند پلی فنل‌ها، ویتامین‌ها، فیبر و سایر ترکیبات مؤثر) هستند و یا دارای خاصیت آنتی‌اکسیدانی و پاک‌سازی رادیکال‌های آزاد اکسیژن می‌باشند با عنوان میوه‌های فوق‌العاده معرفی می‌شوند که به مصرف‌کنندگان برتری و مزیت خاص محصول را نشان می‌دهند. با توجه به اینکه تجمع ترکیبات سودمند در میوه به میزان زیادی تحت کنترل عوامل ژنتیکی هست، انجام برنامه‌های به‌نژادی به‌منظور شناسایی ژنوتیپ‌های درختان با ظرفیت آنتی‌اکسیدانی بالا در میوه اهمیت دارد. اولین قدم در این زمینه، غربالگری ژرم پلاسماهای موجود برای شناسایی ژنوتیپ‌های دارای میزان بیشتر ترکیبات سودمند اهمیت دارد تا بتوان از این ژنوتیپ‌ها به‌عنوان والدین در تلاقی‌ها استفاده نمود. نتایج یک آزمایش در مورد افزایش میزان ترکیبات فنلی و آنتوسیانین‌ها در دوره‌های حاصل از تلاقی گونه‌های مختلف بلوبری (*Vaccinium L. sp.*) نسبت به والدین نشان‌دهنده اهمیت گزینش والدین با ظرفیت آنتی‌اکسیدانی بالا در برنامه‌های به‌نژادی معرفی ارقام جدید بلوبری هست (Connor *et al.*, 2002). وجود تفاوت‌های معنی‌دار در پروفیل آنتی‌اکسیدانی میوه

در ۱۵ ژنوتیپ هلو شلیل نیز گزارش شده است (Zhang, 2014) در رابطه با برنامه‌های بهنژادی درختان میوه به‌منظور افزایش میزان ترکیبات سودمند و ظرفیت آنتی‌اکسیدانی، میوه‌هایی که دارای ظرفیت آنتی‌اکسیدانی کمتر نسبت به سایر میوه‌ها می‌باشند، در اولویت قرار می‌گیرند. به‌عنوان نمونه ارقام تجاری گیلاس از نظر پارامترهای آنتی‌اکسیدانی میوه محدود هستند و افزایش ظرفیت آنتی‌اکسیدانی می‌تواند یکی از اهداف برنامه‌های بهنژادی در مورد گیلاس باشد (Hegedus et al., 2013). افزایش سه برابری در مقدار سیانیدین-۳-او-روتینوسید به‌عنوان مهم‌ترین آنتوسیانین در ارقام جدید گیلاس نسبت به ارقام تجاری و وجود ارتباط مثبت بین ظرفیت آنتی‌اکسیدانی با آنتوسیانین‌های کل میوه نشان می‌دهد امکان افزایش میزان ترکیبات آنتی‌اکسیدانی در گیلاس از طریق بهنژادی وجود دارد (Antognoni et al., 2020).

چالش‌های مربوط به آنتی‌اکسیدان‌ها در میوه‌ها

اگرچه میوه‌ها در سرتاسر جهان تنوع زیادی دارند و اثر مثبت آنتی‌اکسیدان‌های موجود در میوه‌ها در جلوگیری از بروز سرطان و سایر بیماری‌ها به اثبات رسیده است (Ocke, 1996) ولی بخش زیادی از مصرف میوه در جهان مربوط به تعداد محدودی میوه شامل سیب، پرتقال، موز هست. بررسی میزان ترکیبات آنتی‌اکسیدانی در میوه‌هایی که به‌صورت محلی و بومی مصرف می‌شوند و یا میوه گیاهان وحشی می‌تواند در افزایش میزان عناصر غذایی و ترکیبات آنتی‌اکسیدانی در جیره غذایی روستاییان و افرادی که به میوه‌های رایج دسترسی ندارند، مؤثر باشد. اندازه‌گیری ظرفیت آنتی‌اکسیدانی، ترکیبات فنلی و فلاونوئیدی در میوه کنار هندی (Meighani et al., 2017)، انجیر معابد (*Ficus religiosa*) (Mehrnia et al., 2020)، آنتوسیانین کل و اسید اسکوربیک در میوه توت سیاه (*Morus alba var. nigra*) (Soltani Kazemi et al., 2017) و میزان اسید اسکوربیک در میوه به (Nasiri et al., 2021) برخی از این موارد می‌باشند. اگرچه افزایش عملکرد و بهبود شاخص‌های کیفی میوه‌ها در روش‌های مدیریت باغ موردتوجه قرار می‌گیرد ولی اثر روش‌ها و تیمارهای شیمیایی یا فیزیکی مورد استفاده در تولید میوه‌ها بر تغییر میزان ترکیبات آنتی‌اکسیدانی نیز اهمیت دارد. کاهش میزان آنتوسیانین‌های میوه توت‌فرنگی پس از کاربرد تیمارهای باگاس نیشکر و علف‌کش تریفلورالین و عدم تأثیر معنی‌دار تیمارهای مالچ و علف‌کش بر میزان اسید اسکوربیک میوه توت‌فرنگی گزارش شده است (Sherafati et al., 2021). اثر روش‌های کاربرد کودهای شیمیایی بر تغییر میزان ظرفیت آنتی‌اکسیدانی و فنول کل میوه کیوی در طول دوره نگهداری در انبار (Fatahi Moghadam et al., 2022) و اثر محلول‌پاشی کلرید کلسیم بر ظرفیت آنتی‌اکسیدانی میوه پرتقال و نارنگی در مرحله انبار مانی (Fatahi Moghadam et al., 2019) گزارش شده است. گرچه میوه‌ها تنوع زیادی دارند ولی بیشتر آن‌ها مانند توت‌فرنگی، انواع تمشک‌ها و سیاه توت‌های رونده بسیار فسادپذیر هستند و باید در دوره زمانی کوتاهی پس از برداشت (چند روز) مصرف شوند. یکی از دلایل مهم این فسادپذیری

ساختار عریان سطح میوه و عدم وجود پوست و محافظ در بخش بیرونی میوه هست. بلوغ بیش از حد میوه^{۱۵۶}، وجود درصد زیاد آب و حساسیت بافت میوه به نرم شدن و آسیب ناشی از پاتوژن‌ها موجب افزایش ضایعات میوه‌ها در مرحله پس از برداشت می‌شود (Manganaris *et al.*, 2014). برای روش کاهش ضایعات میوه‌ها، روش‌های مختلفی پیشنهاد گردیده است. یکی از روش‌های افزایش میزان دسترسی مصرف‌کنندگان، فرآوری میوه‌ها و تولید محصولاتی مانند آب‌میوه، پوره، مربا و مارمالاد هست. روش‌های مورد استفاده در فرآوری میوه‌ها اثرات واضحی بر میزان فنول میوه‌ها دارد و می‌تواند موجب کاهش و یا حتی افزایش میزان ترکیبات فنولی در میوه‌های فرآوری شده گردد. تولید مارمالاد موجب کاهش میزان فلاونوئیدهای میوه توت‌فرنگی به میزان ۲۰ درصد شد. کاهش میزان فلاونوئیدهای تمشک قرمز پس از فرآوری نیز گزارش گردیده است (Zafrilla *et al.*, 2001). بنابراین انتخاب روش فرآوری می‌تواند علاوه بر طعم و شاخص‌های کیفی میوه‌ها، ترکیبات تشکیل‌دهنده میوه از جمله ترکیبات دارای خاصیت آنتی‌اکسیدانی را تحت تأثیر قرار دهد. این موضوع در تضاد با تقاضای مصرف‌کنندگان برای میوه‌های تازه با میزان زیاد عناصر غذایی و آنتی‌اکسیدان‌ها هست. تیمارهایی مانند ضد عفونی با حرارت یا پاستوریزه کردن، روش‌های موثری برای کاهش میکروارگانیسم‌ها در محصولات فرآوری شده هستند ولی اکسیداسیون و تیمارهای حرارتی موجب از بین رفتن مقدار قابل توجهی از ترکیبات بیوشیمیایی فعال موجود در میوه‌ها می‌شود که حساس به دمای بالا هستند (Morales *et al.*, 2019)؛ (Roobab *et al.*, 2018). بنابراین یافتن روش جایگزین برای تیمارهای حرارتی و یا سایر تیمارهایی که طی فرآوری میوه، موجب کاهش میزان فنل‌ها و آنتی‌اکسیدان‌ها در میوه‌های فرآوری شده می‌گردد، اهمیت دارد. اثر تیمارهای پس از برداشت و شرایط انبارمانی بر تغییر میزان ترکیبات آنتی‌اکسیدانی در میوه‌ها نیز اهمیت دارد. گزارش شده میوه‌های ازگیل ژاپنی تیمار شده با اسیدگزالیک، میزان اسیداسکوربیک، فنول و فلاونوئید کل و ظرفیت آنتی‌اکسیدانی بیشتری نسبت به تیمار شاهد داشتند (Meighani and Hashempour, 2021). استفاده از میوه‌ها به صورت قطعات برش یافته و آماده مصرف^{۱۵۷} و یا آماده‌سازی میوه‌ها با حداقل فرآوری^{۱۵۸} یکی از روش‌های پیشنهادی در زمینه افزایش امکان مصرف میوه‌ها هست. در این حالت قطعات میوه تازه به صورت برش یافته و یا آماده‌سازی شده (بسته به نوع میوه) در اختیار مصرف‌کننده قرار می‌گیرد. به منظور جلوگیری از بروز تغییرات بیوشیمیایی یا فساد میکروبی از ترکیبات با منشأ طبیعی برای پوشش دهی میوه‌های تازه برش یافته و یا میوه‌های تهیه شده با حداقل فرآوری استفاده می‌شود. استفاده از این ترکیبات هم می‌تواند میزان ترکیبات آنتی‌اکسیدانی در این نوع محصولات را تحت تأثیر قرار دهد. اثر ژله گیاه آلوئه ورا (*Aloe vera*) بر تغییر ترکیبات فنلی و آنتوسیانین‌ها در آریل‌های تازه انار گزارش شده است (Taheri *et al.*, 2020).

156 . Over- maturation

157 . Cut fresh

158 . Minimally processed

منابع

- Abbasy, M., Heidari, M. & Daneshvar, M. H. (2013). Preliminary evaluation of fruits characteristics in selected mango (*Mangifera indica* L.) trees in Minab, (Hormozgan Province), Iran. *Plant Production*. 35(4): 117-129. (In persian)
- Amarowicz, R., Carle, R., Dongowski, G., Durazzo, A., Galensa, R., Kammerer, D., Maiani, G., & Piskula, M. K. (2009). Influence of postharvest processing and storage on the content of phenolic acids and flavonoids in foods. *Molecular Nutrition and Food Research*, 53: 151–183.
- Amitava D. & Kimberly K. (2014). Chapter 15 - Antioxidant Vitamins and Minerals. Antioxidants in Food, Vitamins and Supplements, Chapter 15, Pages: 277-294.
- Antognoni, F., Potente, G., Mandrioli, R., Angeloni, C., Freschi, M., Malaguti, M., Hrelia, S., Lugli, S., Gennari, F., Muzzi, E. & Tartarini, S. (2020). Quality Characterization of New Sweet Cherry Cultivars as a Good Source of Bioactive Phenolic Compounds With Antioxidant and Neuroprotective Potential. *Antioxidant*, 9 (677): 1-21.
- Arts, I. C., van de Putte, B. & Hollman, P. C. (2000). Catechin contents of foods commonly consumed in The Netherlands. 2. Tea, wine, fruit juices, and chocolate milk. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 48: 1752-1757.
- Bazrafkan, F., Zarringhalami, S. & Ganjloo, A. (2018). Evaluation of bioactive compounds of white mahaleb juice. *Iranian Food Science and Technology Research Journal*. 14(1): 81-92. (In persian)
- Beuchamp, G. K., Keast, R. S., Morel, D., & Lin, J. (2005). Enzymes in an inflammation pathway are inhibited by oleocanthal, a component of olive oil. *Nature*, 437: 45–46.
- Cevallos-Casals, B. A., Byrne, D., Okie, W. R. & Cisneros-Zevallos, L. (2006). Selecting new peach and plum genotypes rich in phenolic compounds and enhanced functional properties. *Food Chemistry*. 96: 273–280.
- Chun, S. S., Vattem, D. A., Lin, Y. T. & Shetty, K. (2005). Phenolic antioxidants from clonal oregano (*Origanum vulgare*) with antimicrobial activity against *Helicobacter pylori*. *Process Biochemistry*, 40: 809–816.
- Connor, A. M., Luby, J. J., Hancock, J. F., Berkheimer, S. & Hanson, E. J. (2002). Changes in fruit antioxidant activity among blueberry cultivars during cold-temperature storage. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*. 50: 893–898.
- Damyar, S., Hassani, D. & parvaneh, T. (2013). Evaluation of some Characteristics of Native Red-Fleshed Apple Genotypes of Iran. *Seed and Plant Journal*. 29(3): 483-501.
- Dastjerdi, A. M., Moradi, N., Rezazadeh, E. & Heidari, M. (2014). Effect of salicylic acid and storage time on quality of mango fruits (*Mangifera indica* L.). *Plant Productions*. 37(1): 27-36. (In persian)
- De Wit, M., Du Toit, A., Osthoff, G. & Hugo, A. (2020). Antioxidant Content, Capacity and Retention in Fresh and Processed Cactus Pear (*Opuntia ficus-indica* and *O. robusta*) Fruit Peels From Different Fruit-Colored Cultivars. *Frontiers in Sustainable Food Systems*. 4:133.
- Elisia, I., Hu, C., Popovich, D. G., & Kitts, D. D. (2010). Antioxidant assessment of an anthocyanin-enriched blackberry extract. *Food Chemistry*, 101: 1052–1058.
- Fatahi Moghadam, J., Hashempour, A., Raiesi, T., Kia –Eshkevarian, M. (2022). Evaluation of physico-chemical properties and nutritional value of kiwifruit from vine (*Actinidia deliciosa* var. Hayward) influenced by different preharvest fertilization methods during cold storage. *Iranian Journal of Food Science and Technology*. 126 (19): 402-413. (In persian)

Fatahi Moghadam, J., Hashempour, A. and Fifaei, R. (2019). Improving Quality and Antioxidant Characteristics of Pulp and Peel of Citrus During Storage by Pre-Harvest Spray of Calcium Chloride on Fruit. *Plant Productions*, 42(1): 1-14. (In persian).

Fawole O. A., Opara U. L., and Theron K. I. (2011). Developmental changes in maturity indices of pomegranate fruit: A descriptive review. *Scientia Horticulturae*, 30: 152-161.

Fischer, U. A., Carle, R., and Kammerer, D. R. (2011). Identification and quantification of phenolic compounds from pomegranate (*Punica granatum* L.) peel, mesocarp, aril and differently produced juices by HPLC–DAD–ESI/MSn. *Food Chemistry*, 127: 807–821.

García-Alonso, M., Pascual-Teresa, S., Santos-Buelga, C., and Rivas Gonzalo, J. C. (2004). Evaluation of the antioxidant properties of fruits. *Food Chemistry*, 84: 13–18.

García, Y. D., Valles, B. S., and Lobo, A. P. (2009). Phenolic and antioxidant composition of by-products from the cider industry: Apple pomace. *Food Chemistry*, 117:731–738.

Gentile, C., Tesoriere, L., Butera, D., Fazzari, M., Monastero, M., Allegra, M., and Livrea, M. A. (2007). Antioxidant activity of sicilian pistachio (*Pistacia vera* L. Var. Bronte) nut extract and its bioactive components. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 55: 643–648.

Georgiev, V., Ananga, A., Tsoleva, V., (2014). Recent advances and uses of grape flavonoids as nutraceuticals. *Nutrients*, 6: 391-415.

Hashempour, A., Fotuhi Ghazvini, R., Bakhshi, D. & Asadi Sanam, S. (2010). Evaluation of virgin olive (*Olea europaea* L.) oil quality from cultivars, “Zard, Roghani & Mari”, Kazeroon Region. *Iranian Journal of Horticulture Science*. 41(1): 47-53.

Hegedus, A., Taller, D., Papp, N., Szikriszt, B., Ercisli, S., Hala’sz, J., Stefanovist-Ba’nyai (2013). Fruit antioxidant capacity & self-incompatibility genotype of Ukrainian sweet cherry (*Prunus avium* L.) cultivars highlight their breeding prospects. *Euphytica*.191:153-164.

Heidari, M., Dastjerdi, A. M., & Moradi, N. A. (2011). Effect of potassium permanganate & storage time on quality of mango fruits (*Mangifera indica* L.). *Journal of Horticultural Science*. 25(2): 130-136. (In persian).

Horbowicz, M., Kosson, R., Grzesiuk, A., Dębski, H. (2008). Anthocyanins of Fruit and Vegetables – Their Occurrence, Analysis and Role in Human Nutrition. *Vegetable Crops Research Bulletin*. 68 (1): 5–22.

Hostetler, G., Ralston, R. A. & Schwartz, S. J. (2017). Flavones: Food Sources, Bioavailability, Metabolism, and Bioactivity. *American Society for Nutrition. Advances in Nutrition*. 8:423–35

Hudson, B. J. F. (1990) Food antioxidants. In *Natural Antioxidants Exploited Commercially*; Schuler, P.; Elsevier Science Publishers. 104.

Hwang, H. W. (2020). Phenolic phytochemicals and their antioxidant activities in maine-grown asian, american-hybrid, and european plums. Ph. D. Thesis. University of Maine.

Hwang, H., Kim, Y. J. & Shin, Y. (2020). Assessment of physicochemical quality, antioxidant content and activity, and inhibition of cholinesterase between unripe and ripe blueberry fruit. *Foods*, 9(6): 690.

Ignat, I., Volf, I. & Popa, V. I. (2011). A critical review of methods for characterization of polyphenolic compounds in fruits and vegetables. *Food Chemistry*, 126: 1821-1835.

Jabbari, M., Sharifani, M. M. & Yamchi, A. (2019). Relationship of Color Indices with Some Chemical Characteristic in Red and White Apple Cultivars. *Plant Productions*. 42(3): 359-372.

Jara-Palacios, M. J., Santisteban, A., Gordillo, B., Hernanz, D., Heredia, F. J. & Escudero-Gilete, M. L. (2019). Comparative study of red berry pomaces (blueberry, red raspberry, red currant) as source of antioxidants and pigments. *European Food Research and Technology*, 245: 1-9.

Janati, S., Abdanan Mehdizadeh, S. & Heydari, M. (2020). Analysis of the the impact response of pomegranate fruit to determine its maturity stage. *Innovative Food Technologies*. 7(3): 347-363.

(In Persian).

Jazic, M., Kukric, Z., Vulic, J. & Cetojevic-Simin, D. (2018). Polyphenolic composition, antioxidant and antiproliferative effects of wild and cultivated blackberries (*Rubus fruticosus* L.) pomace. *International Journal of Food Science and Technology*, 54(1):1- 8.

Kammerer, D., Claus, A., Carle, R., Schieber, A. (2004). Polyphenol screening of pomace from red and white grape varieties (*Vitis vinifera* L.) by HPLC-DADMS/MS. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 52: 4360-4367.

Kaur, C. & Kapoor, H. C. (2001). Antioxidants in fruits and vegetables : the millennium's health. *International Journal of Food Science and Technology*, 2001, 36: 703-725.

Kennedy, J. A., Hayasaka, Y., Vidal, S., Waters, E. J. & Jones, G. P. (2001). Composition of grape skin proanthocyanidins at different stages of berry development. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 49: 5348-5355.

Kong, J. M., Chia, L. S., Goh, N. K., Chia, T. F. & Brouillard, R. (2003). Analysis and biological activities of anthocyanins. *Phytochemistry*, 64: 923–933.

Lantto, T. A., Dorman, H. J. D., Shikov, A. N., Pozharitskaya, O. N., Makarov, V. G., Tikhonov, V. P., Hiltunen, R., & Raasmaja, A. (2009). Chemical composition, antioxidative activity and cell viability effects of a Siberian pine (*Pinus sibirica* Du Tour) extract. *Food Chemistry*, 112: 936–943.

Layne, D.R. & Bassi, D. (2008) The peach botany, production and uses. CAB international

Lee, J., & Wrolstad, R. E. (2004). Extraction of anthocyanins and polyphenolics from blueberry processing waste. *Journal of Food Science*, 69, 564–573.

Levander, O. A., Ager, A. L., & Beck, M. A. (1995). Vitamin E and selenium: contrasting and interacting nutritional determinants of host resistance to parasitic and viral infections. *Proceedings of the Nutrition Society*, 54(02): 475-487.

Liggins, J., Bluck, L. J. C., Runswick, S., Atkinson, C., Coward, W. A. & Bingham, S. A. (2000). Daidzein and genistein content of fruits and nuts. *Journal Nutritional Biochemistry*. 11: 326-331.

Lim, Y. Y., Lim, T. T., & Tee, J. J. (2007). Antioxidant properties of several tropical fruits: A comparative study. *Food Chemistry*, 103: 1003–1008.

Liu, M., Li, X. Q., Weber, C., Lee, C. Y., Brown, J., & Liu, R. H. (2002). Antioxidant and antiproliferative activities of raspberries. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50: 2926–2930.

Lyons, M. M., Yu, C., Toma, R. B., Cho, S. Y., Reiboldt, W., Lee, J., & van Breemen, R. B. (2003). Resveratrol in raw and baked blueberries and bilberries. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 51: 5867–5870.

Manach, C., Scalbert, A., Morand, C., Remesy, C., Jimenez, L. (2004). Polyphenols: Food Sources and Bioavailability. *American Journal of Clinical Nutrition*. 79: 727–747.

Manganaris, G. A., Goulas, V., Vicente, A. R., & Terry, L. A. (2014). Berry antioxidants: small fruits providing large benefits. *Journal of Science Food Agriculture*, 94: 825-833.

Martynenko, A., Astatkie, T. & Satanina, V., Novel hydrothermodynamic food processing technology. *Journal of Food Engineering*, 152: 8-16.

McGhie, T. K., Ainge, G. D., Barnett, L. E., Cooney, J. M., Jensen, D. J. (2003) Anthocyanin Glycosides from Berry Fruit Are Absorbed and Excreted Unmetabolized by Both Humans and Rats. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 51 (16): 4539–4548.

Mehrnia M. A., Dehghan, N. & Heidary, M. (2020). Effect of drying method and solvent type on antioxidant properties and chemical composition of sacred fig (*Ficus religiosa*). *Journal of Food Science and Technology*. 95 (16): 28-36. (In Persian).

Meighani, H., Ghasemnezhad, M. & Hashempour, A. (2017). Evaluation of physico-chemical

properties and antioxidant compounds of different genotypes ber fruit grown in Hormozgan province. *Journal of Crops Improvement*. 18 (4): 956-975. (In Persian).

Meighani, H., & Hashempour, A. (2021). Effect of oxalic acid on the quality and biochemical characteristics of loquat (*Eriobotrya japonica* Lindl.) fruit during storage. *Journal of Food Science and Technology*. 109 (17): 91-102. (In Persian).

Morales de la Peña, M., Welti-Canes, J. & Martín-Belloso, O. (2019). Novel technologies to improve food safety and quality. *Current Opinion in Food Science*, 30: 1-7.

Mussinán, C. J. & Keelan, M. E. (1994). Sulfur compounds in foods. ACS Symposium Series. American Chemical Society. Washington, D. C.

Naziri, S., Abdanan Mehdizadeh, S. & Heydari, M. (2021). Development of predictive model to determine Quince fruit firmness using genetic programming and Neural Network during storage. *Iranian Food Science and Technology Research Journal*. 16(5): 655-667. (In Persian).

Nazari, S. A., Hajilou, J., Zeinalabedini, M. & Imami, A. (2019). Diversity of morpho-physicochemical traits in Iranian sour cherry genotypes using multivariate analysis. *Advances in Horticultural Science*. 33(2): 153-160.

Ocke, M. (1996). Assessment of vegetable, Fruit, and antioxidant vitamin intake in cancer epidemiology. Ph. D., Thesis. Wageningen University. Netherland. 170 p.

Paimard, F., Heidari, M. Daneshvar, M. H. & Moalemi, N. (2014). Effects of different harvest stage on physical and biochemical characteristics of pomegranate (*Punica granatum* L.) fruit in climatic condition of baghmalek (Khuzestan Province). *Journal of Horticultural Science*. 28 (1): 71-79. (In persian)

Paimard, F. & Heidari, M. (2018). Effects of harvest time and storage duration on some physical and biochemical indices in pomegranate (*Punica granatum* L.) fruits. *Plant Production*. 41 (1): 57- 68. (In persian).

Palomino, O., Gomez-Serranillos, M. P., Slowing, K., Carretero, E., & Villar, A. (2000). Study of polyphenols in grape berries by reversed-phase high-performance liquid chromatography. *Journal of Chromatography*. 870, 449–451.

Pokorny, J., Yanishlieva, N. & Gordon, M. (2001). Antioxidants in Food: Practical Application. In The development of oxidative rancidity in foods, Gordon, M. Woodhead Pub. Ltd, Florida, USA pp. 11.

Prior, R. L., Cao, G. H., Martin, A., Sofic, E., Mcewen, J., Obrien, C., Lischner, N., Ehlenfeldt, M., Kalt, W, Krrewer, G., & Mainland, C. M. (1998). Anthocyanin capacity as influenced by the phenolic and anthocyanins content, maturity and variety of *Vaccinium* species. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 46: 2686-2693.

Qu, W., Pan, Z., & Ma, H. (2010). Extraction modeling and activities of antioxidants from pomegranate marc. *Journal of Food Engineering*, 99: 16–23.

Quinn, L. A., & Tang, H. H. (1996). Antioxidant properties of phenolic compounds in macadamia nuts. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 73:1585–1587.

Roberts, W. & Gordon, M. (2003). Determination of the total antioxidant activity of fruits and vegetables by a liposome assay. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 51: 1486- 1493.

Roobab, U., Aadil, R. M., Madni, G. M. & Bekhit, A. E. (2018). The impact of non-thermal technologies on the microbiological quality of juices: a review. *Comprehensive Review on Food Science Food Safety*, 17: 437-457.

Scalbert, A., Manach, C., Morand, C., Rémésy, C. & Jiménez L. (2005). Dietary polyphenols and the prevention of diseases. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. 45(4): 287-306.

Sfahlan, A. J., Mahmoodzadeh, A., Hasanzadeh, A., Heidari, R., & Jamei, R. (2009). Antioxidants and antiradicals in almond hull and shell (*Amygdalus communis* L.) as a function of

genotype. *Food Chemistry*, 115: 529–533.

Shahidi, F. & Ambigaipalan, P. (2015). Phenolics and polyphenolics in foods, beverages and spices: Antioxidant activity and health effects –A review. *Journal of Functional Food*. 18: 820-897.

Shahidi, F., & Naczki, M. (1992). An overview of the phenolics of canola and rapeseed: Chemical, sensory and nutritional significance. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 69: 917–924.

Sharafati, M., Elahifard, E., Siahpoosh, A., Heidari, M. & Zare, A. (2021). Effect of Mulch and Herbicide on Weed Control and Strawberry (*Fragaria × ananassa*) Yield in Khuzestan Conditions. *Journal of Agricultural Science and Sustainable production*. 31(1): 313-329. (In persian)

Smeriglio, A., Bonasera, S., Germanò, M. P. (2019). *Opuntia ficus-indica* (L.) Mill. fruit as source of betalains with antioxidant, cytoprotective, and anti-angiogenic properties. *Phytotherapy Research*. 1–12.

Soltanikazemi, M., Abdanan Mehdizadeh, S., Heydari, M. & Faregh, S. M. (2017). Extraction of most effective wavelength of mulberry juice (*Morus alba* var. *nigra* L.) spectra using different PLSR models *Journal of Food Science and Technology*. 69 (14) :229-241. (In persian).

Stalikas, C. D. (2010). Phenolic Acids and Flavonoids: Occurrence and Analytical Methods. In *Free Radicals and Antioxidant Protocols, Methods in Molecular Biology*; Uppu, R. M., Murthy, S. N., Pryor, W. A., Parinandi, N. L., Eds.; Humana Press: New York, pp pp. 74.

Stintzing, F. C., Herbach, K. M., Mosshammer, M. R., Carle, R., Yi, W., Sellappan, S., Akoh, C. C., Bunch, R., Felker, P. (2005). Color, betalain pattern, and antioxidant properties of cactus pear (*Opuntia* spp.) clones. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 53(2): 442-251.

Taheri, M., Heidari, M. & Zarei, M. (2020). Effects of *Aloe vera* gel and storage duration on some biochemical indices in minimally processed pomegranate fresh arils. *Plant Production*. 42(4): 495-508.

Teow, C. (2005). Antioxidant activity and bioactive compounds of sweet potatoes. MSc Thesis. North Carolina State University. USA. 137 p.

Tomás-Barberán, F. A. & Clifford, M. N. (2000). Dietary hydroxybenzoic acid derivatives – nature, occurrence and dietary burden. *Journal of Science of Food and Agriculture*. 80: 1024-1032.

Tomás-Barberán, F. A., Gil, M. I., Cremin, P., Waterhouse, A. L., Hess-Pierce, B. & Kader, A. A. (2001) HPLC-DAD-ESIMS Analysis of Phenolic Compounds in Nectarines, Peaches, and Plums. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 49(10): 4748-4760.

Torres, J. L., Bobet, R. (2001). New flavanol derivatives from grape (*Vitis vinifera*) byproducts. Antioxidant aminoethylthio-flavan-3-ol conjugates from a polymeric waste fraction used as a source of flavanols. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 49: 4627-4634.

Tsao, R., Yang, R., Sockovie, E., & Khanizadeh, S. (2005). Which polyphenolic compounds contribute to the total antioxidant activities of apple? *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53: 4989-4995.

USDA. 2014. US Department of Agriculture. National Nutrient Database for Standard Reference. Release 27. Nutrient Data Laboratory Home Page <http://ndb.nal.usda.gov/ndb/search>.

Valentová, K., Ulrichová, J., Cvak, L., & Šimánek, V. (2007). Cytoprotective effect of a bilberry extract against oxidative damage of rat hepatocytes. *Food Chemistry*, 101, 912–917.

Wang, S. (2019). Evaluation of biological properties of phenolic antioxidants in grape pomace, green coffee and Yerba mate as functional ingredient or nutraceuticals. Doctoral Thesis. Autonoma University of Madrid Spain. 273 p.

Wijeratne, S. S. K., Abou-Zaid, M. M., & Shahidi, F. (2006). Antioxidant polyphenols in almond and its coproducts. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 54: 312–318.

Wilson, T., Porcari, J. P., & Maher, M. A. (1999). Cranberry juice inhibits metal- and non-metal initiated oxidation of low density lipoprotein. *Journal of Nutraceuticals, Functional and Medical Foods*, 2: 5–14.

- Wu, X., Gu, L., Holden, J., Haytowitz, D. B., Gebhardt, S. E., Beecher, G. & Prior, R. L. (2004).** Lipophilic and hydrophilic antioxidant capacity of common foods in the U.S. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 52: 4026-4037.
- Yahi, E. M. (2018).** Fruit and Vegetable Phytochemicals: Chemistry and Human Health. Second Edition. Volume I & II. John Wiley & Sons Ltd. 1405 p.
- Yang, J., Liu, R. H., & Halim, L. (2009).** Antioxidant and antiproliferative activities of common edible nut seeds. *Food Science and Technology*, 42: 1–8.
- Yu, J., Ahmed, M., & Goktepe, I. (2005).** Effects of processing methods and extraction solvents on concentration and antioxidant activity of peanut skin phenolics. *Food Chemistry*, 90: 199–206.
- Zafrilla, P., Ferreres, F. & Tomás-Barberán, F. A. (2000).** Effect of processing and storage on the antioxidant ellagic acid derivatives and flavonoids of red raspberry (*Rubus idaeus*) jams. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 49: 3651-3655.
- Zhang, Y. (2014).** Antioxidant effect of peach skin extracts from 13 varieties of south carolina grown peaches. Msc. Thesis. Clemson university. U.S. A. pp 71.22-
- Zhang, Z., Liao, L., Moore, J., Wu, T., & Wang, Z. (2009).** Antioxidant phenolic compounds from walnut kernels (*Juglans regia* L.). *Food Chemistry*, 113: 160–165.
- Zou, Z., Xi, W., Hu, Y., Nie, C., Zhou, Z., (2015).** Antioxidant activity of *Citrus* fruits, *Food Chemistry*
- Jideani, A. I. O., Silungwe, H., Takalani, T., Omolola, A. O., Udeh, H. O. & Anyasi, T. A. (2021).** Antioxidant-rich natural fruit and vegetable products and human health. *International Journal of Food Properties*, 24:1: 41-67.